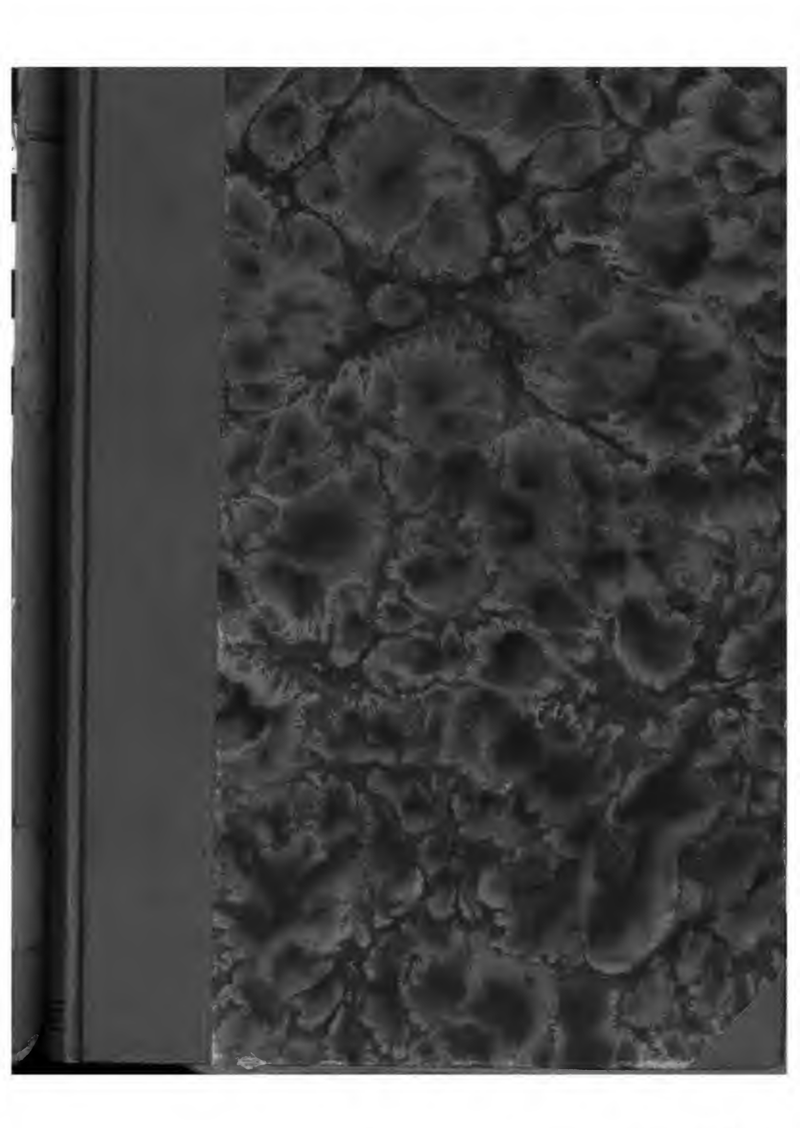
image not available


buch der Astronomie u. Geophysik 6


ch der Astronomie u. Geophysik 6






UNIVERSITY OF WISCONSIN
LIBRARY



JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

VI. Jahrgang 1895.

Mit 5 Lichtdruck- und Chromotafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1896.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.



Astrophysik.

Die Sonne.

Sonnenstatistik 1894. Die Relativzahlen der Sonnenflecke für das Jahr 1894 sind von A. Wolfer festgestellt worden[1]) auf Grund der Aufzeichnungen in Zürich und an zwölf anderen Stationen. Die nachstehende Tabelle enthält die monatlichen Fleckenstände, und zwar bezeichnet m die Zahl der fleckenfreien Tage, n die Zahl der Beobachtungstage und r die mittlere Relativzahl.

1894	m	n	r
Januar	0	31	83.2
Februar	0	28	84.6
März	0	31	52.3
April	0	30	81.6
Mai	0	31	101.2
Juni	0	30	98.9
Juli	0	31	106.0
August	0	31	70.3
September	0	30	65.9
Oktober	0	31	75.5
November	0	30	56.6
Dezember	0	31	60.0
Jahr	0	365	78.0

Die kontinuierliche Abnahme der Sonnenfleckenhäufigkeit findet sich auch beim Vergleiche mit den Relativzahlen der Züricher Beobachtungen in der ersten Hälfte von 1895 bestätigt, und Wolfer setzt demgemäss die diesmalige Epoche des Maximums der Sonnenflecken auf 1894.0 fest.

Das Thätigkeitsgebiet der grossen Sonnenfleckgruppe vom Februar 1892 hat A. Wolfer untersucht[2]). Die vom 5. bis

---

[1]) Astron. Mitteilungen Nr. 86. p. 187 u. ff.

[2]) Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich 1895. **40.** p. 139 u. ff.

19. Februar 1892 auf der Südhalbkugel der Sonne sichtbar gewesene Fleckengruppe bezeichnete nicht bloss eines der auffälligsten, jemals beobachteten Symptome solarischer Thätigkeit, sondern die Verfolgung ihrer Entwickelung vor und nach der genannten Zeit und der begleitenden Fackel- und Protuberanzbildungen lieferte zugleich einen der besten Belege dafür, wie lange sich an einer und derselben Stelle der Sonnenoberfläche die erzeugende Ursache erhalten und in den bekannten verschiedenen Formen äussern kann.

Aus den Beobachtungen Wolfer's ergiebt sich, dass die Gegend, in welcher später die grosse Fleckengruppe entstand, schon während des ganzen Jahres 1891 eine vor allem durch die Fackelbildungen am vollkommensten ausgedrückte Thätigkeit von wechselnder, aber nie ganz erlöschender Intensität zeigte, und dass eine neue Phase derselben in zunehmender Stärke im Herbste 1891 begonnen zu haben scheint, welche ihren Höhepunkt im Februar 1892 erreichte.

Ähnliche Fälle, wenngleich von kürzerer Dauer, hat Verfasser bis 1887 wiederholt konstatieren können, und sie führen zu der Überzeugung, dass man durch die Verfolgung der Fackeln allein ein wenigstens ebenso vollständiges, sogar kontinuierlicheres und namentlich geringeren sekundären Schwankungen unterworfenes Bild von dem langperiodischen Verlaufe der Sonnenthätigkeit erhalten würde, als durch das Fleckenphänomen. Im vorliegenden Falle zeigt schon ein Blick auf die vom Verfasser gegebene Zusammenstellung, dass die Fleckenbildung in dieser Gegend häufig ganz unterbrochen gewesen, also die erzeugende Ursache dazwischen vollständig erloschen war, und es wird natürlich zu Zeiten starker Sonnenthätigkeit der Fall häufig genug stattfinden, dass an nahe derselben Stelle die Fleckenbildungen intermittierend auftreten, ohne dass die verschiedenen Wiederholungen unter sich in irgend welcher Verbindung zu stehen brauchen.

Bemerkenswert ist, dass, während die Intensität der Fleckenerscheinung nach und nach abnahm und endlich vollständig verschwand, die Stärke der Fackelbildung im Gegenteile eher noch gewachsen ist und sich beim Verschwinden der Flecke nahe unvermindert erhalten hat. Darin liegt ein deutlicher Hinweis auf die Verschiedenheit der erzeugenden Ursachen. Würde beiden Erscheinungen dieselbe Ursache zu Grunde liegen, wogegen ja auch manche anderen Gründe sprechen, so hätte man anzunehmen, dass die Fackeln, als Produkte eines bestimmten mechanischen Vorganges, eine grosse Beständigkeit besitzen und sich auf der Oberfläche der Sonne noch lange erhalten können, auch wenn die erzeugende Ursache längst aufgehört hat zu wirken, eine Annahme, die mit der bekannten raschen Veränderlichkeit dieser Gebilde in Form und Helligkeit in einigem Widerspruche steht. Es liegt also näher, für die beiden Erscheinungen verschiedene, wenn auch unter sich ohne Zweifel in enger Beziehung stehende Ursachen anzunehmen, von denen die fackelnerzeugende die beständigere zu sein scheint, also

wahrscheinlich die primäre ist und im vorliegenden Falle noch lange fortbestand, als diejenige der Fleckenbildung längst erloschen war. Anderseits ist nicht zu übersehen, dass, soweit man es aus Beobachtungen auf der sichtbaren Halbkugel beurteilen kann, die starke Fackelentwickelung der ungewöhnlichen Zunahme der Fleckenmenge nicht vorangegangen zu sein scheint, sondern höchstens gleichzeitig stattfand. Die Möglichkeit, dass Fackelbildung durch Fleckenbildung bedingt sei, ist also nicht ohne weiteres auszuschliessen, und jedenfalls zeigt der hier behandelte Fall, wie wenig man berechtigt ist, aus dem blossen zeitlichen Vorangehen der Fackeln an einer bestimmten Stelle auf die primäre Entstehung derselben zu schliessen, bevor man nicht das betreffende Thätigkeitsgebiet bis zu seinem ersten Stadium zurückverfolgt hat. Fälle von so lange andauernder, wenn auch stark schwankender Thätigkeit an derselben Stelle, wie der vorliegende, sind also eigentlich am wenigsten geeignet, zur Entscheidung dieser Frage beizutragen; hierfür wird man zweckmässiger diejenigen wählen, wo die einzelnen Thätigkeitsbereiche noch deutlich voneinander getrennt sind, und der Neubeginn der Thätigkeit an einem bestimmten Orte sich nach Zeit und Beschaffenheit ganz unzweifelhaft feststellen lässt; dies ist nach einem Minimum bei wiedererwachender Thätigkeit der Sonne ungleich leichter als mitten in einer Maximalphase der letzteren, auf welche auch das hier besprochene Beispiel fällt.

In bezug auf die Protuberanzen geht aus den von Wolfer entworfenen Karten zunächst die bekannte Thatsache hervor, »dass die metallischen Protuberanzen immer nur in unmittelbarer Nähe der Fleckengruppen auftreten. Dass nicht alle Fleckengruppen von solchen begleitet erscheinen, erklärt sich wenigstens zum Teile daraus, dass erstlich die Möglichkeit der Wahrnehmung sich nur auf die Zeiten beschränkt, wo die betreffende Fleckengruppe am Sonnenrande steht, und dass zweitens bei dem intermittierenden Charakter der metallischen Protuberanzen ihre Wahrnehmung häufig vom Zufalle abhängt, wenn die Beobachtung nicht andauernd fortgesetzt wird. Von den Wasserstoffprotuberanzen befinden sich dagegen die meisten und namentlich die grössten derselben nicht bloss ausserhalb der Flecken-, sondern auch der Fackelgebiete, und ihr Auftreten innerhalb derselben bildet sogar die Ausnahme. Die grosse Mehrzahl liegt südlich von der dem Pole zugewandten Seite der Fackelgruppen, nämlich innerhalb der eigentlichen Protuberanzenzonen, wie sie durch die langjährigen Beobachtungen der heliographischen Breiten der Protuberanzen durch Tacchini und Riccò festgestellt worden sind. Eine Beziehung dieser Protuberanzengruppen zu den Fackelgebieten ist aus den vorliegenden Karten nicht ersichtlich; immerhin weist das ununterbrochene Auftreten derselben in dieser Gegend ebenfalls auf einen andauernden Thätigkeitszustand an dieser Stelle hin, der sich deutlich von den übrigen benachbarten Teilen der Protuberanzenzone abhebt. Eine derartige Beziehung ist nach dem bis jetzt

vorliegenden Materiale nicht unwahrscheinlich und wird demnächst an anderer Stelle ausführlicher dargestellt werden. Jedenfalls ist aber auch hier schon zu ersehen, dass bei den Wasserstoffprotuberanzen an eine besondere Ursache zu denken ist, die sich von den flecken- und fackelnerzeugenden durchaus unterscheidet, auch wenn ihre Existenz und Wirkungsweise denselben langperiodischen Schwankungen wie jene unterliegt.«

In den letzten Jahren sind, namentlich von Wilsing und Belopolsky, neuestens von Stratonoff, mehrfach Untersuchungen darüber angestellt worden, ob das für die Sonnenflecke konstatierte Carrington'sche Rotationsgesetz auch für die Fackeln gelte, welche bis jetzt nicht zu übereinstimmenden Resultaten geführt haben. Ein Fackelgebiet von so ungewöhnlicher Dauer und Ausdehnung wie das hier besprochene legt einen entsprechenden Versuch nahe. Der Weg, auf welchem man den Rotationswinkel der Sonne aus beobachteten Fleckenörtern ableitet, ist indessen bei den Fackeln deshalb nicht mit gleicher Sicherheit anwendbar, weil hier die Möglichkeit der Identifizierung der an verschiedenen Tagen beobachteten Objekte weit schwieriger ist, als bei den Flecken. Da aber die Fackeln sich um bestimmte Thätigkeitszentren deutlich gruppieren und an diesen Stellen sich durch lange Zeiträume erhalten, beziehungsweise immer wieder neu bilden, so liegt es näher, die Untersuchung statt auf die einzelnen Fackeln, auf die Gruppen als Ganze zu beziehen, besonders da die vom Verf. gegebene graphische Darstellungsform der Fackelverteilung in einfacherer und deutlicherer Weise zur Kenntnis ihrer Gruppierung führt als irgend eine andere, und mit aller Sicherheit Ort, Umfang und Bewegungsweise derselben erkennen lässt. Denkt man sich nun den Ort einer solchen Gruppe z. B. durch ihren Schwerpunkt oder ihren geometrischen Mittelpunkt bezeichnet, so liegt es in der Natur der Sache, dass derselbe sich nicht mit der gleichen Genauigkeit angeben lässt, wie derjenige einer einzelnen Fackel oder eines Fleckes, ein Umstand, der aber grösstenteils durch die weit längere Dauer des Zeitraumes aufgewogen wird, über welchen die Verfolgung der Bewegung sich erstrecken kann.

Verf. hat von diesen Gesichtspunkten aus eine spezielle Untersuchung angestellt und kommt zu dem Ergebnisse, dass für die Fackeln im vorliegenden Falle sich eine nahe gleich mittlere Bewegung ergiebt, und zwar in sehr guter Übereinstimmung mit den lediglich für die Flecke geltenden Formeln von Spörer und Faye.

Sonnenbeobachtungen auf dem Observatorium des Collegium Romanum. P. Tacchini giebt[1]) ein Verzeichnis der daselbst 1894 beobachteten Flecke, Fackeln und Protuberanzen. Vom September 1891 bis Ende 1894 war die Sonne an keinem Tage frei von Flecken, das Maximum scheint Mitte 1893 eingetreten zu

[1]) Astrophys. Journal 1. p. 210. 2. p. 26.

sein. Die Fackeln waren 1894 an Zahl und Höhe in fortschreitender Abnahme. Die Protuberanzen waren am zahlreichsten in den südlichen Zonen, eine Eigentümlichkeit, die auch 1893 und in den drei letzten Quartalen 1892 beobachtet wurde. In den Regionen um den Nordpol waren die Protuberanzen stets schwach und selten. Auch die Flecke und Fackeln kamen am zahlreichsten in den südlichen Zonen vor. Die Sonnenthätigkeit war also während der angegebenen Zeit am stärksten in der südlichen Hemisphäre, welches anzeigt, »dass die Sonnenrotation nicht bestimmend für das Hervorbringen der genannten Phänomene sein kann«.

Sonnenbeobachtungen 1894 zu Catania hat A. Mascari als Fortsetzung der Beobachtungen Prof. A. Riccò's angestellt[1]). Die Beobachtungen geschahen am zwölfzolligen Refraktor, mittels dessen ein Sonnenbild von 0.57 *m* Durchmesser auf einen Schirm projiziert ward, auf welchem dann die Umrisse der Flecke gezeichnet wurden. Darauf wurden die Positionswinkel der am Sonnenrande sichtbaren Fackeln bestimmt. Die Protuberanzen wurden mit einem Spektroskope mit Rutherfurd'schem Gitter untersucht, und zwar wurden als Protuberanzen alle Hervorragungen von mindestens 30″ betrachtet, während die minder hohen als zur Chromosphäre gehörig behandelt wurden. Im ganzen sind 1894 an 312 Tagen Flecke, an 173 Fackeln und an 247 Protuberanzen gesehen worden, an einem Tage war die Sonne frei von Flecken, und an drei Tagen wurden keine Protuberanzen gesehen; Fackeln fehlten niemals. Die Häufigkeit dieser Phänomene nahm im allgemeinen ab. Was die Verteilung derselben auf die Sonne in Breitenzonen von je 10° anbelangt, so ergiebt sich: 1. für die Fackeln ein ausgesprochenes Maximum zwischen 10° und 20° in beiden Hemisphären, ein sekundäres Maximum zwischen 60° und 70° südl. Br. und ein Minimum in den Polargegenden; 2. für die Protuberanzen ein markiertes Maximum zwischen 20° und 30° Breite in beiden Hemisphären, während das absolute Maximum des Jahres auf die südliche Hemisphäre zwischen 70° und 80° fällt, das absolute Minimum aber auf die nördliche Hemisphäre zwischen 50° und 60°. Ein anderes sekundäres Maximum fällt zwischen 70° und 80° der nördlichen Hemisphäre. Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich bezüglich der Protuberanzen, dass die sekundären Maxima von 1893 in beiden Hemisphären sich gegen den Äquator hin bewegt haben, während das absolute Maximum sich etwa 10° gegen den Südpol hin verlagerte.

Eine ungewöhnlich grosse Sonnenprotuberanz. Am 24. Dezember 1894 beobachtete P. H. Fényi in Kalocsa eine Protuberanz von ganz ungewöhnlicher Grösse. Er fand $9^h\ 15^m$ Greenwicher Zeit am westlichen Sonnenrande zwischen 26° und 36° südl. Br. eine sehr helle, aber sonst nicht besonders bemerkenswerte Protuberanz von

[1]) Astrophys. Journal 2. p. 119.

126″ Höhe. Nachdem der Beobachter den ganzen Umfang der Sonnenscheibe durchmustert hatte, kehrte er zu jener Stelle zurück und fand $10^h\ 15^m$ die Protuberanz 216″ hoch in einem Zustande rapider Entwickelung. Er bestimmte nun durch wiederholte Messungen die zunehmende Höhe bis $12^h\ 9^m$, als das Gebilde sich wieder aufzulösen begann. Von $9^h\ 15^m$ bis $10^h\ 17^m$ war die Protuberanz in einem Zustande von verhältnismässiger Ruhe. Sie stieg während dieser Zeit mit einer Geschwindigkeit von etwa 16 *km* in der Sekunde empor. Von $10^h\ 20^m$ bis $10^h\ 33^m$ wuchs sie plötzlich mit der grossen Geschwindigkeit von 131 *km* pro Sekunde, worauf ihre Geschwindigkeit sogar noch mehr zunahm, bis das Ganze um $10^h\ 55^m\ 21^s$ die ungeheure Höhe von 11′ 1″ oder 0.676 des Sonnenhalbmessers erreichte. Die nunmehr beginnende Auflösung geschah ebenso rapid wie die Entwickelung, aber weniger gleichförmig. Um $11^h\ 39^m$ hatte die Protuberanz nur noch 157″ Höhe, und $12^h\ 9^m$ sah man an ihrem Orte selbst noch eine schwache Erhebung, um 6^h endlich war dort nichts mehr wahrzunehmen. Sehr bemerkenswert ist, dass die Protuberanz ziemlich lange in einem Zustande verhältnismässiger Ruhe verharrte, dann aber plötzlich und heftig emporstieg und endlich bei ihrer Auflösung völlig bis zum Niveau der Chromosphäre verschwand. Die Struktur dieser Protuberanz war die nämliche wie jene der beiden grossen Protuberanzen vom 19. und 20. September 1893. Sie bestand in der Hauptsache aus hellen Bändern oder Streifen, welche gewissermassen in ein Bündel zusammengefasst waren, das in der Verlängerung des Sonnenradius lag. Die feinen Fäden waren hier und da zu schmalen, länglichen Fragmenten zusammengedreht, welche sehr hell in der Mitte, aber diffus an den Rändern erschienen. Dieses Aussehen wurde vielleicht durch die rasche Bewegung in der Gesichtslinie verursacht. Verschiebungen des Bildes bisweilen gegen Rot und bisweilen gegen Violett, zeigten dem Beobachter, dass die Bewegung in der Gesichtslinie näherungsweise ebenso schnell war, als diejenige des Emporsteigens. Die Auflösung der Protuberanz geschah von oben nach unten fortschreitend, indem die oberen Teile abbleichten und verschwanden. Die Linie von der Wellenlänge λ 6677, welche gewöhnlich bei solchen Eruptionen sichtbar ist, war dieses Mal nicht zu sehen. Es war also kein leuchtendes Gebilde auf der Sonnenscheibe vorhanden, welches in Beziehung zu dieser Protuberanz gebracht werden kann[1]).

Eine grosse eruptive Protuberanz wurde am 25. März 1895 von Ellerman auf der Sternwarte zu Chicago beobachtet und photographiert[2]). Ihre Höhenentwickelung, gemessen an der K-Linie, war:

$10^h\ 34^m$	300″ = 135 200	engl. Meilen,
10 40	359″ = 161 500	» »
10 58	624″ = 280 800	» »

[1]) Astrophys. Journal 1. p. 212.
[2]) Astrophys Journal 1. p. 433.

Um 11^h 6^m war der obere Teil der Protuberanz verschwunden, und die Hα Linie konnte nur noch bis zu einer Höhe von 4′ verfolgt werden. Um den Eruptionspunkt herum waren am Sonnenrande keine Fackeln sichtbar.

Über die Ursache der Granulation der Sonnenoberfläche verbreitete sich Prof. J. Scheiner[1]). Über die Dichtigkeit der Gase an der Sonnenoberfläche, d. h. in den obersten Schichten der Photosphäre, gehen die Ansichten der Astronomen weit aus einander. »Im allgemeinen,« sagt er, »scheint man diese Dichtigkeit als eine sehr geringe anzunehmen. Bereits vor einigen Jahren habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass man in Zukunft Sonnentheorien nur unter Berücksichtigung des Umstandes aufstellen sollte, dass die Dichtigkeit der Gase an der Oberfläche der Sonne von fast unvorstellbar geringem Grade sei. Bei den meisten der bisherigen Sonnentheorien ist diese unerlässliche Annahme nicht genügend beachtet, so dass die Veränderungen auf der Sonnenoberfläche, die wir zu beobachten Gelegenheit haben, als grossartige und gewaltige Umwälzungen erscheinen, eine Vorstellung, die unter der Annahme sehr geringer Dichtigkeiten vollkommen verschwindet.

Die Gründe für die Annahme sehr geringer Dichtigkeiten brauche ich hier nicht näher aus einander zu setzen; es genüge der Hinweis auf die geringe Breite der Spektrallinien und auf die Thatsache, dass die Kometen, welche sehr nahe der Sonnenoberfläche vorüber gegangen sind, keine nachweisbare Störung ihrer Bahn durch Widerstandskräfte erfahren haben.

Gase von hoher Temperatur und sehr starker Verdünnung befinden sich in nahe idealem Zustande, und auf dieselben können daher die Gesetze der mechanischen Wärmetheorie im vollsten Umfange angewendet werden. Egon v. Oppolzer hat diesen günstigen Umstand benutzt und in seiner sehr beachtenswerten Schrift: Über die Ursache der Sonnenflecke, Sitzungsber. der Wien. Akad. 1893, in genau entsprechender Weise, wie dies in der neueren Meteorologie geschieht, eine streng mathematisch aufgebaute Fleckentheorie entwickelt. Selbst, wenn man nicht mit allen Schlussfolgerungen dieser Theorie einverstanden sein sollte, würde doch v. Oppolzer das Verdienst gebühren, wenigstens den Weg gezeigt zu haben, auf welchem mechanische Deutungen der Erscheinungen in der Sonnenatmosphäre zum Ziele führen werden.

Ich glaube, nun noch einen Schritt weiter gehen zu können durch Anwendung der für die Meteorologie von so fundamentaler Bedeutung gewordenen Helmholtz'schen Untersuchungen über Wellenbildungen in unserer Atmosphäre auf die Sonne.

Nach der Helmholtz'schen Theorie entstehen beim Übereinandergleiten zweier Luftschichten von verschiedener Temperatur, also ver-

---

[1]) Astron. Nachr. **137.**

schiedener Dichtigkeit, Luftwellen in der gleichen Weise, wie beim Hingleiten von Luft über Wasser. Ist die untere Schicht mit Wasserdampf nahe gesättigt, so findet in den Wellenbergen durch Druckverminderung Kondensation statt. Die Wellenberge zeigen sich unter diesen Umständen als Wolken, die Thäler als leere Zwischenräume; es entstehen also die mehr oder weniger regelmässigen Reihen der Cirruswolken. Erfolgen die Anstösse zur Wellenbildung in zwei verschiedenen Richtungen, so durchkreuzen sich die Wellenzüge, und es tritt dann die als Schäfchenwolken benannte Figuration ein. Helmholtz hat gezeigt, dass unter der Annahme der Temperaturen von 0^{0} und 10^{0} für die beiden Schichten bereits bei der geringen Windgeschwindigkeit von 10 *m* in der Sekunde Wellen von nahe 1 *km* Länge entstehen müssen und bei starken Luftbewegungen Wellen bis zu 30 *km* Länge, die sich dann nicht mehr als solche durch den Anblick verraten, sondern als sogenannte Böen in die Erscheinung treten.

Die grosse Ähnlichkeit im Aussehen der Photosphäre mit einem irdischen Cirrusgewölk ist schon lange bekannt, und die Vorbedingungen für die Anwendung der Helmholtz'schen Theorie auf die Sonnenatmosphäre sind zweifelsohne vorhanden: Die Existenz verschiedener Schichten von verschiedener Temperatur, Zustand der Übersättigung mit kondensierbaren Gasen (in der Photosphäre), verschiedene Strömungen in den verschiedenen Schichten. Ich betrachte demnach die hellen Körner der Photosphäre als die durch Kondensation oder wenigstens vermehrte Kondensation sichtbar gewordenen Wellenberge sich durchkreuzender Wellensysteme.

Die vermehrte Kondensation in den Wellenbergen bedingt noch eine Abnahme des spezifischen Gewichtes und damit ein Bestreben dieser Berge, sich noch höher zu erheben, als aus der Theorie allein folgt.

Ein stichhaltiger Einwurf gegen die Zulässigkeit der eben kurz angedeuteten Erklärung der Sonnengranulation könnte m. E. nur dann erhoben werden, wenn die Länge der Wellen auf der Sonnenoberfläche, also der mittlere Abstand der einzelnen Körner voneinander zu unzulässigen Werten der Temperaturdifferenzen oder der Geschwindigkeiten führen sollte. Eine genaue Rechnung ist nicht durchführbar, da der Spielraum in der Wahl der Konstanten auf der Sonne ein zu grosser ist. Dagegen kann man leicht erkennen, dass infolge der hohen Temperatur für das Helmholtz'sche σ ein sehr günstiger Wert wahrscheinlich wird, und damit Wellenlängen von der verlangten Grösse — 1″ bis 3″ = 1000 bis 3000 *km* — auch ohne übermässige Windgeschwindigkeiten resultieren.

Gerade der Umstand, dass die Granulation ziemlich gleichförmig über die ganze Oberfläche verteilt ist, und dass besonders keine im Verhältnisse zur mittleren Grösse der Körner auffallende Grösse derselben vorkommt, etwa in der Art, wie in unserer Atmosphäre das Verhältnis zwischen Cirrus- und Regengewölk besteht, lässt die oben

angedeutete Erklärung der Granulation wahrscheinlicher erscheinen als die bisherigen Erklärungsversuche.«

Die Linie D_3 des Spektrums der Chromosphäre. In dem sehr seltenen Minerale Cleveït (welches im Jahre 1878 durch Nordenskjöld bekannt geworden ist) hat Hillebrand 1890 ein Gas entdeckt, welches er für Stickstoff hielt, das aber nach den Untersuchungen von Ramsay ein Spektrum giebt, welches mit dem Spektrum des Argons grösstenteils zusammenfällt. Es unterscheidet sich indessen vom atmosphärischen Argon dadurch, dass es eine helle gelbe Linie im Spektrum zeigt, die, wie W. Crookes gefunden, mit der Linie übereinstimmt, welche man in der Chromosphäre der Sonne kennt, und die man einem bisher auf der Erde nicht bekannten Stoffe zuschreibt, welcher den Namen Helium erhalten hat. Diese Übereinstimmung wurde von Langlet bestätigt, und Clève glaubt, dass das aus dem genannten Minerale durch Erhitzen erhaltene Gas, in welchem er keine Argonlinie fand, reines Helium sei. C. Runge hat dann gefunden, dass die gelbe Linie des Cleveïtgases eine Doppellinie ist, und es war daher für die Identifizierung derselben mit der D_3-Linie des Sonnenspektrums von äusserster Wichtigkeit, zu untersuchen, ob letztere auch doppelt erscheint. Diese Untersuchung ist fast gleichzeitig von George E. Hale und von W. Huggins ausgeführt worden [1]), und beide haben gefunden, dass die D_3-Linie des Sonnenspektrums in der That auch doppelt ist. Huggins bemerkt, dass die beiden Komponenten der Linie in der Chromosphäre nahe am Sonnenrande breiter sind und deshalb ihre Trennung dort nicht leicht gesehen werden kann, höher hinauf werden sie aber dünner und zeigen sich als ein paar äusserst feine Linien, von welchen die weniger brechbare die feinste ist. George E. Hale sah die feine begleitende Linie an der weniger brechbaren Seite von D_3 zuerst am 20. Juni 1895 in einer hellen Protuberanz, ebenso am folgenden Tage in einer anderen Protuberanz. Die Wellenlänge der Linie D_3 wurde an beiden Tagen bestimmt und im Mittel zu 5875.924 μ gefunden, was ungefähr dem Mittel der Bestimmungen von Rowland und Runge-Paschen entspricht. Der Abstand der schwachen von der Hauptlinie ist 0.357 μ. Schon Belopolsky hat D_3 doppelt gesehen, allein er glaubte die Duplizität dadurch entstanden, dass eine feine (dunkle) tellurische Linie sich auf die helle D_3-Linie projiziere, und dieses ist nach George E. Hale auch thatsächlich bisweilen der Fall. Die wahre Begleitlinie von D_3 hat Belopolsky nicht gesehen. Es kann nunmehr keinem Zweifel unterliegen, dass das Gas, welches der Cleveït einschliesst, wirklich mit dem Helium in der Sonnenchromosphäre identisch ist. Nach den Bestimmungen von Clève ist es 2.02 mal so schwer als Wasserstoff, besitzt also eine sehr geringe Dichte. Dies stimmt damit überein, dass es stets in der Chromosphäre der Sonne vorhanden ist.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3302.

Ultraviolette Strahlung der Sonnenkorona während der totalen Sonnenfinsternis am 16. April 1893. Über die Beobachtung der ultravioletten Strahlung der Sonnenkorona während der totalen Sonnenfinsternis im April 1893, zu deren Studium Deslandres nach dem Senegal geschickt worden war, erstattete er der Pariser Akademie ausführlichen Bericht.

Bekanntlich konnte die Korona der Sonnenatmosphäre bis jetzt nur bei Sonnenfinsternissen während der sehr kurzen Zeit der Totalität beobachtet werden; nach den glänzenden Erfolgen der Spektroskopie bei der Sonnenfinsternis vom Jahre 1868 ist daher bei jeder Wiederkehr dieses Phänomens das Spektroskop zur Untersuchung des Koronalichtes verwendet worden. Man hatte so gefunden, dass die Korona durch das Übereinanderliegen von drei verschiedenen Lichtarten gebildet werde, nämlich 1. von einem Lichte mit verhältnismässig intensivem kontinuierlichen Spektrum, das von glühenden Staubteilchen herrührt; 2. einem Lichte mit feinen, hellen Linien, welche die Gase der Sonnenatmosphäre angeben; 3. einem Lichte mit dunklen Linien, das schwach ist und von der Diffusion des Lichtes der Sonnenscheibe herrührt. Die feinen, hellen Linien boten wegen der Aussage, die sie über die in der Sonnenatmosphäre enthaltenen Gase machen, ein ganz besonderes Interesse. Anfangs musste sich die Beobachtung auf den intensivsten Teil des leuchtenden Spektrums beschränken; erst seit 1882 wurde mit Hilfe der Photographie ein weiterer Abschnitt des Spektrums verwertet, doch reichte dieser nur bis zur Wellenlänge λ 360, weil hier die Absorption der gewöhnlichen Gläser dem Spektrum ein Ende macht. Man weiss aber, dass das Sonnenspektrum noch bis λ 295 reicht; Deslandres stellte sich daher die spezielle Aufgabe bei der Sonnenfinsternis von 1893 das Spektrum der Korona besonders in diesem dritten Abschnitte, jenseits der Wellenlänge λ 360, zu untersuchen.

Zu diesem Zwecke bediente er sich eines Apparates, in welchem die Linsen und Prismen aus isländischem Kalkspate und Quarze, die für ultraviolettes Licht sehr durchlässig sind, hergestellt waren; das Spektroskop mit einem Prisma von 60° brechendem Winkel war an einem grossen Siderostaten angebracht, der, durch einen Regulator in Bewegung versetzt, der Bewegung des Himmels folgte. Der radiale Spalt schnitt ein Stück der Korona in der Nähe des Äquators aus. Der Apparat blieb während der ganzen Dauer der Totalität, vier Minuten lang, exponiert, und kurz darauf liess man zwei elektrische Eisenfunken auf den Spalt fallen, um auf der Photographie die Eisenlinien als Massstab für die Koronalinien zu haben.

Das so photographierte Spektrum ist kontinuierlich und zeigt kleine, helle Linien, aber keine dunklen. Durch Vergleichung mit dem Eisenspektrum überzeugt man sich, dass das Koronaspektrum bis zur Wellenlänge λ 300 reicht; die Strahlung der Korona ist

daher im Ultraviolett ebenso weit entwickelt, wie die der Sonnenscheibe, aber sie ist verhältnismässig sehr schwach; das kontinuierliche Spektrum, das im Blau noch intensiv ist und eine Höhe besitzt gleich $^2/_3$ des Sonnendurchmessers, wird im Ultraviolett immer schwächer und schmäler, so dass es bei λ 300 nur noch eine Linie bildet; zum Teil mag diese Abschwächung herrühren von der starken Absorption des kurzwelligen Lichtes in der Erdatmosphäre.

Vierzig helle Linien konnten zwischen den Wellenlängen 308.98 und 362.90 gemessen werden; die Linien der schon früher photographierten Partie des Koronaspektrums, welche sieben ultraviolette Wasserstofflinien umfassen, sind in der Liste von Deslandres nicht mit aufgeführt. Hervorgehoben wird eine Linie λ 317.09, welche in grösserer Höhe der Sonnenatmosphäre sichtbar war, und drei andere, als Koronalinien bezeichnete (316.45; 318.95 und 323.71); die übrigen können sowohl der Chromosphäre, wie der Korona angehören, doch ist letzteres wahrscheinlicher. Die meisten konnten auf bekannte Elemente nicht bezogen werden; sie repräsentieren die Gase der Sonnenatmosphäre und haben wahrscheinlich ein sehr geringes Atomgewicht.

Die Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis am 16. April 1893 zu Minor Bronces in Chile. J. M. Schaeberle hat den Bericht über die von der Lick-Sternwarte zur Beobachtung dieser Finsternis ausgesandte Expedition veröffentlicht [1]). Die gewählte Station lag den Beobachtungen zufolge in — 28° 26′ 3″ Br. und 4^h 41^m 22.5^s westl. L. Gr., sowie in 6600 Fuss Höhe über dem Spiegel der Südsee. Die photographischen Aufnahmen sind, wie längst bekannt [2]), vollkommen gelungen, und die Schlüsse, welche Schaeberle daraus auf die Struktur und Natur der Sonnenkorona zog und bereits früher publizierte [3]), werden in dem vorliegenden definitiven Berichte bestätigt. Tafel I zeigt das Aussehen der inneren Teile der Korona nach einer der photographischen Aufnahmen.

Planeten.

Planetoidenentdeckungen. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann [4]) sind folgende Planeten aus der Gruppe zwischen Mars und Jupiter 1894 entdeckt worden:

(379) AQ	am 8.	Jan.	von Charlois	in	Nizza
(380) AR	» 8.	»	»	»	»
(381) AS	» 10.	»	»	»	»
(382) AT	» 29.	»	»	»	»
(383) AU	» 29.	»	»	»	»

[1]) Contributions from the Lick-Observatory Nr 4. Sacramento 1895.
[2]) Klein, Jahrbuch 4. p. 3.
[3]) a. a. O. p. 5.
[4]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft 30. p. 116 u. ff.

(384) AV	am 11.	Febr.	von Courty	in	Bordeaux
(385) AX	» 1.	März	» Wolf	»	Heidelberg
(386) AY	» 1.	»	» »	»	»
(387) AZ	» 5.	»	» Courty	»	Bordeaux
(388) BA	» 7.	»	» Charlois	»	Nizza
(389) BB	» 8.	»	» »	»	»
(390) BC	» 24.	»	» Bigourdan	»	Paris

Ausserdem wurden noch folgende Planeten, über deren Bahnen, mit einer Ausnahme, bisher noch nichts ermittelt ist, aufgefunden:

AW	am	30. Jan.	von	Wilson	in	Northfield
BD	»	1. Nov.	»	Wolf	»	Heidelberg
BE	»	1. »	»	»	»	»
BF	»	4. »	»	»	»	»
BG	»	4. »	»	»	»	»
BH	»	19. »	»	Borrelly	»	Marseille
BK	»	30. »	»	Charlois	»	Nizza
BL	»	1. Dez.	»	»	»	»
BM	»	19. »	»	»	»	»
BN	»	28. »	»	»	»	»

Planet AW konnte nicht mit einer Nummer bezeichnet werden, weil derselbe überhaupt nur zweimal beobachtet wurde, und von dem Planeten BI, welcher in der vorstehenden Liste fehlt, stellte sich heraus, dass er identisch ist mit Planet (369). Die Nummer (359), welche bisher unter den Planeten noch keinen Vertreter hatte, ist inzwischen dem mit 1893 M bezeichneten Planeten beigelegt worden.

In bezug auf die Helligkeiten der neuen Planeten wurden folgende Werte für die mittlere Grösse m_0 und für die Grössengrenze m_1 und m_2 zur Zeit der Opposition gefunden.

	m_0	m_1	m_2		m_0	m_1	m_2
(379)	12.6	11.4	13.5	(386)	10.5	9.3	11.4
(380)	12.6	11.8	13.2	(387)	9.6	7.9	10.8
(381)	12.4	11.7	12.9	(388)	11.7	11.3	12.0
(382)	12.1	11.2	12.8	(389)	11.1	10.7	11.5
(383)	13.3	12.2	14.1	(390)	13.2	12.4	13.9
(384)	11.7	10.7	12.5	BE	13.4	11.8	15.0
(385)	10.3	9.5	11.0				

Bemerkenswertere Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei folgenden Planeten:

	Ω	i	φ	a
(379)	$\Omega =$ 172.7°	i = 1.6°	$\varphi =$ 11.1°	a = 3.13
(50)	173.8	2.8	16.8	2.65
(358)	172.9	3.5	8.4	2.88
(380)	$\Omega =$ 95.2	i = 6.2	$\varphi =$ 6.6	a = 2.68
(40)	93.6	4.3	2.7	2.27
(274)	93.8	3.7	7.1	3.04
(261)	96.4	3.6	5.2	2.33
(383)	$\Omega =$ 93.2	i = 2.6	$\varphi =$ 9.9	a = 3.12
(27)	93.9	1.6	10.0	2.35
(274)	93.8	3.7	7.1	3.04

(384)	Ω = 48.0	i = 5.6	φ = 8.5	a = 2.65
(118)	47.6	7.8	9.4	2.45
(26)	45.9	3.6	5.0	2.66
(385)	Ω = 345.7	i = 13.7	φ = 7.5	a = 2.85
(134)	346.2	11.6	6.7	2.56
(101)	343.5	10.2	8.0	2.58
(388)	Ω = 355.4	i = 6.5	φ = 3.7	a = 3.00
(29)	356.7	6.1	4.3	2.55
(327)	355.5	7.1	4.2	2.78
(224)	353.5	5.9	2.4	2.65
(389)	Ω = 282.8	i = 8.1	φ = 3.7	a = 2.60
(371)	284.4	7.5	4.2	2.73

Die Bahnelemente der vier inneren Planeten und die Fundamentalkonstanten der Astronomie. Für die Elemente und Konstanten der Astronomie, welche in die rechnerischen Untersuchungen eingehen, existieren zur Zeit mehr oder weniger genaue Werte, unter denen die Wahl frei erscheint. Diese Sachlage bringt für manche Untersuchungen beträchtliche Nachteile mit sich, und diese müssen in dem Masse grösser werden, als der gegenwärtige Zustand länger dauert. Prof. Newcomb hat deshalb seit 1877 die grosse Arbeit unternommen, definitive Werte der hauptsächlichsten Elemente und Konstanten abzuleiten, eine Arbeit, die erst jetzt vollendet und publiziert ist[1]).

Der Untersuchung zu grunde liegen fast sämtliche vorhandene und überhaupt brauchbare Meridianbeobachtungen der Sonne, des Merkur, der Venus und des Mars aus den Jahren 1850—1891, nämlich 40176 Beobachtungen der Sonne, 5421 des Merkur, 12319 der Venus und 4114 des Mars. Sämtliche Beobachtungen wurden auf das gleiche System der Rektaszensionen und Deklinationen reduziert und mit den auf Grundlage der Leverrier'schen Planetentafeln, aber verbesserter Werte für die Massen, berechneten Planetenörtern verglichen. Die Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung gewährten dann die Daten zur Verbesserung der Bahnelemente der Planeten. Ausser den Meridianbeobachtungen wurden die Beobachtungen der Vorübergänge des Merkur und der Venus vor der Sonne benutzt, und besonders die letzteren lieferten sichere Bestimmungen.

Bezüglich der Planetenmassen schlägt Newcomb vor, als Wert für die Masse des Jupiter $\frac{1}{1047.35}$ festzuhalten, den Mittelwert aus allen Beobachtungen der Jupitersmonde, des Faye'schen Kometen (Möller), der Störungen der Themis (Krueger), des Saturn (Hill), der Polyhymnia, und der Störungen des Winnecke'schen Kometen (v. Haerdtl).

[1]) Supplement to the American Ephemeris for 1897. Washington 1895.

Für die Masse des Mars wurde der von Hall abgeleitete Wert $\left(\frac{1}{3093500}\right)$ angenommen, für die Masse der Erde und des Mondes $\frac{1}{328016}$ (wobei die Mondmasse $= \frac{1}{81.45}$ der Erdmasse), für die der Venus $\frac{1}{406750}$ und des Merkur $\frac{1}{6944444}$. Die diesen Massen entsprechenden säkularen Veränderungen der Planetenelemente wurden dann der Theorie gemäss berechnet und mit den aus den Beobachtungen abgeleiteten verglichen. Es ergab sich, dass in der Bewegung des Merkurperihels, der Knoten der Venusbahn, des Marsperihels und der Änderung der Exzentrizität der Merkurbahn Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung existieren, welche die zulässigen Fehler der Bestimmungen erheblich überschreiten. Zur Erklärung dieser Abweichungen sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden, aber keine genügt nach den Untersuchungen Newcomb's, um sie als zulässig zu erachten. Im Verfolge der bezüglichen Untersuchungen giebt er eine neue Bestimmung der sogenannten Präzessionalkonstanten, sowie der Nutationskonstanten. Für letztere wird als Ergebnis sämtlicher Beobachtungen angenommen: $9.210'' \pm 0.008''$. Unter der ferneren Annahme von $50.36'' \pm 0.006''$ als Wert der Lunisolarpräzession findet sich dann für die Masse des Mondes der Wert $\frac{1}{81.58 \pm 0.20}$. Als Wert für die Konstante der Aberration ergiebt sich aus allen Normalbestimmungen in Pulkowa im Mittel: $20.493'' \pm 0.011''$; das Mittel aller anderen Bestimmungen ist dagegen: $20.463'' \pm 0.013''$. Der Unterschied von $0.030''$ ist nach Prof. Newcomb's Ansicht so viel grösser als die mittleren Fehler, dass der Verdacht eines konstanten Irrtums in einem oder den beiden Mittelwerten begründet erscheint. Bezüglich der Sonnenparallaxe diskutiert Prof. Newcomb sehr ausführlich die bisher erhaltenen Werte und kommt zu dem Ergebnisse, dass der Wert von $8.790''$ gegenwärtig als der zuverlässigste zu betrachten sei, den er auch seinen Tafeln zu grunde legt. Hieraus und aus der Lichtgeschwindigkeit von 299860 *m* folgt als Konstante der Aberration der Wert von $20.501''$.

Als Endergebnis seiner Untersuchungen giebt er dann folgende definitiven Elemente der vier inneren Planeten für die Epoche 1850 Januar 0.4 Mittag m. Z. von Greenwich.

	Merkur	Venus	Erde	Mars
Mittlere Bewegung in 100 Jahren	538106653.72″	210669161.47″	129602766.74″	68910104.50″
Exzentrizität in Bogen	42408.861″	1411.796″	3459.454″	19237.004″

	Merkur	Venus	Erde	Mars
Länge des Perihels	75° 7′ 19.37″	129° 27′ 34.5″	100° 21′ 41.0″	333° 17′ 54.87
Mittl. Länge	323 11 23.83	243 57 44.13	99 48 18.74	83 9 16.16
Neigung der Bahn	7 0 7.00	3 23 35.26	—	1 51 2.45
Länge des aufst. Knotens	46 33 12.24	75 19 49.45	—	48 24 0.92

Die säkularen Veränderungen der Bahnelemente dieser vier Planeten für die Epoche 1600, 1850 und 2100 ergaben sich entsprechend den definitiv angenommenen Massen wie folgt:

	Merkur			Venus		
	1600	1850	2100	1600	1850	2100
Exzentrizität . . .	+ 4.257″	+ 4.227″	+ 4.196″	— 9.959″	— 9.866″	— 9.772″
Neigung der Bahn	+ 7.098	+ 6.765	+ 6.438	+ 3.641	+ 3.642	+ 3.606
Perihellänge . . .	5593.41″	5598.70″	5604.02″	5090.07″	5072.44″	5054.92″
Knoten	4262.98	4266.12	4269.24	3230.39	3237.98	3245.22

	Erde			Mars		
	1600	1850	2100	1600	1850	2000
Exzentrizität . . .	— 8.467″	— 8.595″	— 8.727″	+18.775″	+18.706″	+18.623″
Neigung der Bahn	—	—	—	— 2.518	— 2.292	— 2.064
Perihellänge . . .	6179.58″	6187.41″	6195.68″	6621.51″	6623.96″	6626.25″
Knoten	—	—	—	2776.39	2776.87	2776.63

Die mittleren Bewegungen der Planeten sind, ähnlich wie beim Monde, einer säkularen Veränderung unterworfen, die aus der säkularen Veränderung der Bahnelemente entspringt. Prof. Newcomb hat dieselbe berechnet und giebt folgende Tabelle der säkularen Veränderungen der hundertjährigen mittleren Bewegungen:

Wirkung von	Merkur	Venus	Erde	Mars
Venus	—0.0426″	— —	—0.0104″	+0.0010″
Erde	—0.0029	+0.0128″	— —	+0.0119
Mars	+0.0003	—0.0001	—0.0012	— —
Jupiter	—0.0039	—0.0046	—0.0308	+0.0004
Saturn	—0.0004	+0.0015	+0.0021	+0.0036
Total	—0.0495	+0.0096	—0.0403	+0.0169

Für die nachstehenden Werte der Sonnenparallaxe ergeben sich die nebenstehenden Werte der Sonnenmasse (in Teilen der Erdmasse + der Mondmasse):

Parallaxe	Sonnenmasse
8.780″	330514
8.785	329951
8.790	329388
8.795	328827
8.800	328266

Für die Präzession giebt Prof. Newcomb folgenden allgemeinen Ausdruck:

	$''$ $''$
Jährliche Präzession in Rektaszension	46.0636 + 0.0279 T
» » » Länge	50.2371 + 0.0222 T
Hundertjährige Präzession in Länge	5023.71 + 2.218 T
Totale Präzession 1850	5023.71 T + 1.109 T^2

Der Ausdruck für die mittleren Schiefen ε der Ekliptik ist, wenn T in Jahrhunderten von 1900 gezählt wird:

$$\varepsilon = 23^{\circ}\,27'\,8\,26'' - 46.845''\,T - 0.0059''\,T^2 + 0.00181''\,T^3$$

Flecke auf der Oberfläche der Venus. Im Sommer 1895 sind von verschiedenen Beobachtern Flecke und schmale matte Striche auf der Venusoberfläche gesehen worden. L. Brenner schloss aus seinen Wahrnehmungen, dass die Rotationsdauer $23^h\,57^m\,7.5^s$ betrage, und hat die von ihm gesehenen matten Flecke zu einer Karte der Venusoberfläche zusammengesetzt, wobei er gleichzeitig eine reichliche Namengebung ausübte, so dass wir nun ein Adriaticum Mare, Belgicum Mare, Germanicum Mare, eine Austria, Britannia, Hispania u. s. w. auf der Venus haben. Demgegenüber verharrt Prof. Schiaparelli bei seiner früheren Behauptung einer sehr langsamen Rotation der Venus, die nicht wesentlich von ihrer Umlaufsdauer verschieden sein könne[1]). Er erklärt die Wahrnehmungen an diesem Planeten wie früher dahin, dass die leichten Flecke und Schattierungen auf dem Planeten, mögen sie auch im allgemeinen auf Vorgängen beruhen, die in seiner Atmosphäre sich abspielen oder abspiegeln, immerhin von der Natur und topographischen Anordnung der darunterliegenden Venusoberfläche abhängen. »Derart können, wenn gewisse Verhältnisse in gleicher Weise wiederkehren, auch die beschriebenen Flecke und Schatten wieder den nämlichen Anblick am nämlichen Orte darbieten, selbst nach langen Zwischenzeiten. Diese Vermutung scheint gegenwärtig einen gewissen Grad von Sicherheit zu gewinnen und wird in fühlbarer Weise unsere Meinungen über die physische Beschaffenheit des Planeten Venus modifizieren können.«

Die jahreszeitlichen Veränderungen auf dem Planeten Mars. Percival Lowell, der mit grossem Erfolge während der jüngsten Opposition des Mars die Oberfläche dieses Planeten studierte, hat seine hauptsächlichsten Wahrnehmungen der Veränderungen, welche jene Oberfläche während dessen erlitten, in Zeichnungen und Erläuterungen zusammengefasst[2]).

Zur genauen Festlegung der Thatsachen erachtet er es mit Recht von höchster Wichtigkeit, dass sämtliche zu vergleichenden Zeichnungen von einer und derselben Person, an ein und demselben Instrumente und möglichst unter gleichen atmosphärischen Verhältnissen gemacht sind. Denn nur in diesem Falle ist es möglich,

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3304.

[2]) Astronomy and Astrophysics Nr. 30. p. 814 u. ff.

die Subjektivität des Beobachters so weit auszuschliessen, dass die Abbildungen in der That streng unter einander vergleichbar sind. Gerade beim Mars spielen die Auffassung des Beobachters, sein Instrument, die Luftverhältnisse und die Fähigkeit der Hand, zu zeichnen, eine ausserordentlich grosse Rolle. Die Abbildungen, welche Lowell veröffentlicht und diskutiert, sind sämtlich von ihm an ein und demselben Fernrohre, bei gleichen Vergrösserungen und gleichen Luftzuständen gezeichnet; überdies beziehen sie sich auf den Zeitraum von einem Monate vor bis einem Monate nach der Opposition des Mars, so dass die Veränderungen der Oberfläche desselben, welche sie zeigen, einen vermutlich jahreszeitlichen Charakter tragen. Diese Veränderungen sind weit bedeutender, als man von vornherein vermutet haben würde, und durchaus unverkennbar. Was ihre Bedeutung anbelangt, so ist es überflüssig, zu bemerken, dass sie zu der unabweisbaren Folgerung führen, dass Mars eine sehr lebensthätige Welt bildet, die innerhalb des jährlichen Cyklus wachsende und abnehmende Thätigkeit an ihrer Oberfläche zeigt, und dass in zweiter Linie dieses jährliche Leben in gewissen interessanten Eigentümlichkeiten sehr von dem abweicht, was wir aus der irdischen Erfahrung kennen.

Die Phänomene der Marsoberfläche bilden offenbar einen Teil einer bestimmten Kette von Veränderungen im dortigen Jahreskreislaufe. Diese Veränderungen erscheinen in ihren allgemeinen Zügen so regelmässig, dass Lowell im stande war, die Bestätigung ihres allgemeinen Verlaufes auch in den Zeichnungen, welche bei früheren Oppositionen erhalten wurden, zu finden. »Ich glaube sogar,« sagt er, »dass es möglich sein wird, mit ebenso grosser Annäherung an die Gewissheit des Eintreffens, wie solche für unsere Wetterprognosen besteht, für den Mars vorauszusagen, nicht wie das Wetter auf ihm sein wird, denn es ist zweifelhaft, ob bei ihm so etwas, was wir vorauszubestimmendes Wetter nennen, besteht, sondern das Aussehen irgend eines Teiles seiner Oberfläche.«

Die Veränderungen im Aussehen der Marsoberfläche beziehen sich nicht auf das Schmelzen des Schnees seiner Polarzonen, ausser insoweit als dieses Schmelzen das erforderliche Vorspiel zu dem ist, was nachkommt, sondern sie beziehen sich auf die Oberfläche selbst. Zum Verständnisse der letzteren ist ein Zurückgreifen auf die Vorgänge an den Polen allerdings erforderlich.

Bei der Erde finden wir, dass das Schmelzen des Schnees in den Polargegenden eine Erscheinung ist, welche dem Erwachen der Natur im Frühlinge folgt, also post hoc geschieht, beim Mars aber scheint es, dass die Schneeschmelze das Erwachen der Natur bedingt, dass es sich also dort um ein propter hoc handelt. Während die Erde an ihrer Oberfläche Wasser genug besitzt, ist es auf dem Mars mit diesem Artikel sehr knapp bestellt, und er muss dieses zum Jahresgebrauche aus seinen Polarreservoirs beziehen. Von dem Schmelzen des Schnees und dem Freiwerden des Wassers behufs

Zirkulation scheinen alle Phänomene auf der Marsoberfläche abzuhängen. Die Beobachtungen, auf welche diese Schlussfolgerung begründet ist, erstrecken sich über einen Zeitraum von mehr als fünf Monaten, von Anfang Mai bis zum 7. November, und beziehen sich auf die Marsregionen zwischen dem Südpole und 30° nördl. Br. Für die südliche Marshemisphäre begann der Frühling am 7. April 1894, der Sommer am 31. August, während der Herbst am 7. Februar 1895 eintrat. Am 31. Mai war es also auf der südlichen Hälfte des Mars ungefähr Ende April, nach unserer Jahreszeit zu rechnen. Die südliche Eiszone des Mars war damals sehr gross, denn sie hatte einen Durchmesser von 45°, reichte also bis etwa 68° südl. Breite, dabei war sie überall in lebhaftem Prozesse des Schmelzens. Der Planet Mars hatte seine Axe der Erde so zugeneigt, dass die Eiszone bequem gesehen werden konnte. Diese Zone zeigte sich am Rande von einem dunklen Bande umsäumt, das an einigen Stellen breiter als an anderen war und mit dem zurückweichenden Eise gleichen Schritt hielt. Die Breite dieses dunklen Bandes betrug im Juni etwa 220 engl. Meilen, und es erschien von blauer Farbe. In dem Masse, als die Jahreszeit fortschritt, und die Eiszone sich an Ausdehnung verminderte, wurde ihr dunkler Gürtel schmaler, mit gewissen Schwankungen, die zweifellos von der Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens abhingen. Im August war das dunkle Band zu einem schmalen Faden zusammengeschrumpft. Dass es sich bei dem ganzen Vorgange wirklich um Wasser handelt, kann gar keinem Zweifel unterliegen. Denn dies bezeugt nicht nur die Farbe, sondern auch der offenbare Zusammenhang der Breite des dunklen Bandes mit dem Schmelzen des Schnees und schliesslich sein Verschwinden mit diesem, drei Thatsachen, die unabhängig voneinander den Schluss auf Schmelzwasser bestätigen. Der Umstand, dass jener Streifen der dunkelste der ganzen Marsoberfläche war, lässt vermuten, dass es sich dabei auch um die tiefste Wasserfläche auf dem Planeten handelte, während das spätere völlige Verschwinden derselben beweist, dass diese Tiefe nicht sehr gross gewesen sein kann. Beide Thatsachen lassen vermuten, dass es sich dabei nicht nur um die Hauptwassermasse des Mars handelt, sondern dass ausser ihr überhaupt Wasseransammlungen von grösserem Umfange dort nicht vorhanden sind. Diese Polarsee ist gewissermassen der Deus ex machina für alles folgende.

Sobald das Schmelzen des Schnees begonnen hatte, wurden lange Streifen von tieferer Farbe als ihre Umgebung, mitten auf den dunklen Flächen sichtbar. Ich habe sie, sagt Lowell, nicht entstehen oder kommen sehen, aber ich sah sie verschwinden, daher müssen sie vorher entstanden sein. Ende Mai waren sie bereits vorhanden. Die augenfälligsten davon lagen zwischen Noachis und Hellas im Mare australe und von hier durch das Mare Erythraeum zur Syrtis major. Einer der nächst augenfälligen zeigte sich zwischen Hellas und Ausonia. Obgleich diese Streifen sehr deutlich dunkler waren als

die übrige Fläche der Seen, durch welche sie flossen, waren die Seen selbst damals in ihrem dunkelsten Stadium. Das nachfolgende Verhalten dieser sogenannten Seen macht ihren seeartigen Charakter noch zweifelhafter.

Dass die Seen damals ihr dunkelstes Aussehen hatten, ist wahrscheinlich einerseits dem Umstande zuzuschreiben, dass einiges Wasser vom Pole her bereits seinen Weg dorthin gefunden hatte, und anderseits diese Feuchtigkeit auf jenen amphibischen Flächen die Vegetation belebt hatte. Auf dem Mars entspricht obiges Datum dem 1. Mai. Die dunklen Flächen blieben nun einige Zeit hindurch in ihrem Aussehen unverändert, währenddem der grösste Teil der Schneezone schmolz. Dann aber begann für sie eine Epoche der Veränderung. Ihre hellen Teile wurden zunehmend heller grau, und die dunklen nahmen an Dunkelheit ab. Eine der bemerkenswertesten Thatsachen ist, dass in dieser Epoche es unmöglich war, die Grenze der in der südlichen gemässigten Zone liegenden Kette von Inseln festzustellen. Die hellen und dunklen Flächen gingen allmählich in einander über. Vom Gesichtspunkte der Marskarte aus betrachtet, waren die Landmarken dieser ganzen Region seiner Oberfläche verwischt durch eine Überschwemmung, wenngleich indirekt. Denn wahrscheinlich befand sich diese ganze Gegend in verschiedenen Stadien der Vegetation, und zwar infolge einer relativ nur seichten Überschwemmung mit Wasser. Die Farbe dieser Flächen erschien damals Lowell bläulichgrün, und zwar unverkennbar deutlich. Später verblich sie allmählich und ging in Orangegelb über. Das erste deutliche Zeichen eines Wechsels der Dinge war das Wiedererscheinen von Hesperia, welches im Juli eintrat. Im August, als Lowell dies sah, war seine Sichtbarkeit schon sehr deutlich. Von Atlantis aber konnte damals noch nichts wahrgenommen werden, erst am 30. Oktober trat sie in Sicht. Um die nämliche Zeit wurden die Strassen zwischen den Inseln Zanthus, Scamander, Ascanias und Simois mehr und mehr dunkel, und zwar infolge des Kontrastes mit der Umgebung.

Mittlerweile fuhr die Geschichte Hesperia's fort, lehrreich zu bleiben. Von ihrer Unsichtbarkeit im Juni und ihrer Augenfälligkeit im August kehrte sie im Oktober zu einem mittleren Aussehen zurück. Die Veränderungen zeigten sich zuerst bei Hesperia selbst, dann dehnten sie sich auf die umgebenden Regionen aus. Von Juni bis August veränderte Hesperia von einem anfänglichen früheren Blaugrün, in welchem es von seiner Umgebung nicht zu unterscheiden war, seine Farbe in gelb, während die Umgebung blaugrün blieb, so dass die Halbinsel in entschiedenen Kontrast zu ihrer Umgebung trat. Später blassten diese Umgebungen ebenfalls ab, und diese Veränderung erzeugte die Täuschung, als sei Hesperia teilweise verdeckt worden. Ähnliche Veränderungen im Aussehen zeigten auch die übrigen Teile der südlichen gemässigten Zone des Mars. Während im Juni alle Regionen zwischen den beiden Thylen,

Argyre II u. s. w. hauptsächlich blaugrün erschienen, waren sie im Oktober gelb, und damals zeigten diese Inseln zum ersten Male wieder ihre bestimmten, individuellen Gestalten. Noch weiter gegen Süden erschien das, was zuerst Schnee war und dann Wasser wurde, in gelbliches Land umgewandelt. Diese Veränderung nahm ihren Fortgang, bis am 13. Oktober die Überbleibsel der Schneekappe ganz oder fast ganz verschwanden; von da ab zeigte sich die ganze südliche Polarregion als eine gelbliche Fläche.

Gegen Ende Oktober trat eine befremdliche und für die Beobachtung traurige Erscheinung ein. Was noch von den mehr südlich gelegenen Regionen der Marsoberfläche übrig geblieben war, blasste unvermutet allenthalben in Farbe ab. Dies wurde zuerst im Mare Cimmerium, dann in der Sirenischen See und im November im Mare Erythraeum um den Lacus solis herum bemerkt. Diese Abblassung schritt ununterbrochen so weit fort, bis Mars, bei schlechten Luftverhältnissen, fast völlig als gleichförmig gelbliche Scheibe ohne dunkle Flecken erschien.

Diese Abblassung der dunklen Flächen ist nun eine in hohem Grade bezeichnende, direkt auf ihre Konstitution bezügliche Thatsache. Denn es handelt sich nicht einfach darum, dass Teile der Marsoberfläche ihre Farbe verändert haben, sondern dass auf der ganzen Scheibe des Mars die blaugrünen Flächen sich verminderten, und in demselben Masse die orangegelben zunahmen. »Wenn die blaugrünen Flächen,« sagt Lowell, »Wasserflächen sind, wo ist dieses Wasser hingekommen? Nirgendwo auf der sichtbaren Scheibe, das ist sicher! Da sonach das Wasser nirgend wohin gekommen sein kann, so bleibt nichts übrig, als anzunehmen, dass die blaugrünen Flächen mit Vegetation bedeckt waren, für welche eine relativ geringe Menge Wasser ausreichte, deren direkte An- oder Abwesenheit für uns nicht wahrnehmbar ist, wohl aber ihre indirekte Wirkung in der Vegetation.«

Eine fernere Veränderung, welche auf der Marsscheibe sichtbar wurde, giebt Winke, wohin das Wasser sonst gekommen ist. Die bekannten Kanäle sind nämlich dunkler geworden, und was noch wichtiger, diese zunehmende Dunkelheit ist allmählich von Süden nach Norden fortgeschritten. Die folgenden Beobachtungen Lowell's zeigen, dass die Kanäle nicht zu allen Zeiten gleichmässig sichtbar sind, und ferner, dass ihre Unsichtbarkeit mit den Jahreszeiten auf dem Mars zusammenhängt.

Im Juni waren die Kanäle sämtlich äusserst schwach, am besten sichtbar waren noch diejenigen in der Region des Lacus solis. Als der Mars sich der Erde näherte, wurden die Kanäle natürlich besser sichtbar, allein bis zum Oktober zeigten sie keine wirkliche Veränderung, ausgenommen diejenigen in der Gegend des Lacus solis. Sie waren bis zum September immer dunkel, im Oktober aber begannen sie, Symptome von Hellerwerden zu zeigen, ebenso im November, doch war dieses nur wenig merklich. Mittlerweile, als

die Region des Sinus Titanum herauskam, im November, fand Lowell, dass die dortigen Kanäle in ähnlicher Weise dunkler wurden. Letztere waren nicht nur dunkler geworden im Vergleiche zum Mare Cimmerium und Mare Sirenum, sondern wirklich dunkler an und für sich. Betrachtet man nun eine Karte des Mars, so sieht man, dass die Gegend des Lacus solis einen Teil der grossen kontinentalen Fläche in der nächsten Nähe des Südpoles bildet, während der Sinus Titanum weniger südlich liegt, die Breite spielt also eine Rolle. Einen ähnlichen Fortschritt in der Sichtbarkeit der Kanäle lässt sich an anderen Stellen erkennen. »Die Kanäle und die sogenannten Seen,« schliesst Lowell, »nehmen alle teil an der jährlichen Metamorphose mit einem von den Jahreszeiten abhängigen Wechsel, welcher auch von ihrer Breite oder dem Abstande vom Südpole abhängt. Eine Welle von Verdunkelung der Farbe läuft successive durch die bläulichgrünen Regionen von Süden nach Norden, der Zeit nach bestimmt durch die von den Jahreszeiten abhängige Welle, welche von Pol zu Pol läuft. Bleich im Winter, erwacht die Farbe zur Frühlingszeit, vertieft sich im Sommer und ermattet im Herbste. Für jede gegebene Gegend tritt dieser Wechsel unter sonst gleichen Verhältnissen früher oder später ein in dem Verhältnisse, als diese Gegend vom Pole entfernt liegt. Es erscheint wahrscheinlich, dass dieser Farbenwechsel indirekt durch Wasser, direkt aber durch Vegetation, welche das Wasser belebt, hervorgerufen wird. Nur unter dieser Annahme erklären sich alle Wahrnehmungen leicht und ungezwungen. Die Meeresbecken auf dem Mars beherbergen keineswegs mehr gewaltige, tiefe Wassermassen, wie die irdischen, sind aber auch noch nicht in den Zustand trockener Betten (wie solche der Mond besitzt) übergegangen, sondern sie dienen nur als wenig tiefe Behälter für das Wasser, welches noch auf der Marsoberfläche zirkuliert.« Bezüglich der Kanäle verweist Lowell auf seine früheren Schlüsse, gemäss denen diese Kanäle vorwiegend künstlichen Ursprunges sind, angelegt von Marsbewohnern, um den grossen kontinentalen Flächen, welche bei allen jahreszeitlichen Veränderungen konstant bleiben, Wasser zuzuführen.

Die Ergebnisse der Marsbeobachtungen während der Opposition 1894 werden in dem Berichte an die Generalversammlung der Kgl. Astron. Gesellschaft zu London in folgender Weise kurz zusammengefasst[1]):

Obgleich der scheinbare Durchmesser des Mars 1894 höchstens nur 21.7″ erreichte gegen 24.8″ bei der Opposition von 1892, so war der Planet infolge seiner grösseren nördlichen Deklination doch für Beobachter auf unserer Hemisphäre besser zu beobachten. Infolgedessen sind die diesmaligen Ergebnisse der Beobachtung durchschnittlich gleich, wenn nicht bedeutender als diejenigen der früheren. Die wichtigsten Ergebnisse sind kurz folgende:

---

[1]) Monthly Notices 55. Nr. 4. p. 244.

1. Das vollständige Verschwinden des südlichen Polarfleckes. 2. Zahlreiche Unregelmässigkeiten an der Lichtgrenze des Planeten, die höckerig war; sie bestanden a. aus kleinen, hellen Hervorragungen, gewöhnlich im Zusammenhange mit einer hellen Region gerade innerhalb der Lichtgrenze, b. aus Abplattungen und leichten Aushöhlungen der Kurve der Lichtgrenze, meist an denjenigen Teilen, wo die dunkleren Regionen aus dem Gesichtsfelde verschwanden. 3. Eine sehr allgemeine Bestätigung des Schiaparelli'schen Kanalsystems. 4. Die Verdoppelung einer Anzahl von Kanälen, sogar um die Zeit des Sommersolstitiums der südlichen Halbkugel. 5. Eine weitere Ausdehnung der Arbeit Schiaparelli's durch die Entdeckung (meist auf dem Observatorium von Lowell) vieler fernerer Kanäle und anderer schwierigen Details, sowie einer Anzahl kleiner, dunkler Flecke oder Seen, letztere merkwürdigerweise oft an den Punkten gelegen, wo zwei oder mehrere Kanäle sich treffen oder kreuzen. 6. Eins der wichtigsten Resultate des verflossenen Jahres ist sicherlich das Vorkommen von Wolken. In den letzten Jahren schien die Ansicht an Verbreitung zu gewinnen, dass die Atmosphäre des Mars fast frei ist von Wolken, und dass selbst, wenn man solche sieht, sie keine grosse Ausdehnung oder Dichte besitzen. Aber in der zweiten Hälfte des Oktober 1894 waren nahezu das ganze Maraldi-Meer und das ausgedehnte, kontinentale Gebiet nördlich von diesem bis etwa 20° nördl. Br. durch Wolken stark verdunkelt; die betroffene Gegend hat eine Fläche von 6000000 Quadratmeilen (engl.), ist also bedeutend grösser, als ganz Europa. 7. Weitere Beweise für thatsächliche Änderungen. So wurde z. B. das Verschwinden eines beträchtlichen Teiles des hellen, Aurea Chersonesus genannten Gebietes unabhängig von mehreren Beobachtern notiert, indem die Kontinentgrenze bedeutend verändert war gegen die 1877 auf den Karten von Green und von Schiaparelli angegebene. 8. Prof. Campbell unternahm mehrere Beobachtungen des Spektrums auf der Lick-Sternwarte, konnte aber die älteren Beobachtungen von Huggins, Rutherfurd, Vogel u. a. nicht bestätigen, da er Belege für eine Absorption, die von einer Atmosphäre herrührt, nicht aufzufinden vermochte.

Die Rotation des Jupiter ist während der beiden Oppositionen von 1892 und 1893 von W. Séraphimof am 15zolligen Refraktor zu Pulkowa untersucht worden[1]). Er findet für den täglichen Rotationswinkel der äquatorialen Zone (von etwa 15° Breite) einen mittleren Wert von 878.5°, was einer Rotationsdauer von $9^h\,50^m\,6^s$ entspricht. Die nördlich und südlich vom Äquator, zwischen den Parallelkreisen von 15° und 45° gelegenen Zonen haben eine mittlere Geschwindigkeit von 870.5°, entsprechend einer Rotationsdauer von $9^h\,55^m\,31^s$. Zwischen den Breiten von 5° und 15°

[1]) Bull. de l'acad. de St. Pétersbourg 1894. Nr. 2.

sind die Ergebnisse unsicher, unter sehr hohen Breiten überschreitet der tägliche Rotationswinkel merklich den Wert von 870°.

Der Durchmesser des Jupiter und seiner Monde ist zu Greenwich am 28 zolligen Refraktor während der Zeit vom 23. November 1894 bis 3. April 1895 gemessen worden [1]). Die Messungen geschahen von drei Beobachtern unabhängig voneinander und bei Vergrösserungen von 470- bis 670 fach. Als Endresultat ergab sich für die mittlere Distanz (5.2028) des Jupiter von der Erde: Äquatorialdurchmesser 38.407″, Polardurchmesser 36.099″, Abplattung: 1 : 16.64.

Für die Durchmesser der Jupitermonde fand sich im Mittel: 1. Mond 1.084″, 2. Mond 0.959″, 3. Mond 1.454″, 4. Mond 1.350″. Die Durchmesser des 3. und 4. Mondes sind hier merklich kleiner, als sie 1880 zu Chicago und 1893 auf dem Lick-Observatorium gefunden wurden.

Der 5. Mond des Jupiter ist von Barnard [2]) und Hermann Struve [3]) beobachtet worden. Ersterer bestimmte seine periodische Umlaufszeit zu $11^h\ 57^m\ 22.618^s \pm 0.013^s$, während Hermann Struve $11^h\ 57^m\ 22.58^s$ findet.

Letzterer konnte diesen Mond noch in einer Entfernung von nur 5″ vom Rande des Jupiter erkennen. Barnard findet als mittlere Distanz aus Messungen bei östlicher Elongation im Jahre 1893: 47.785″ ± 0.044, während 1892, bei derselben Elongation, 47.712″ ± 0.176″ erhalten wurden und die östlichen Elongationen in gleichen Jahren 48.104″ ± 0.061″ ergeben haben. Barnard hält die Bahn dieses Mondes für merklich exzentrisch. Bezüglich des Namens ist er der Meinung, dass man am besten die Bezeichnung 5. Satellit beibehält, mit bezug auf die Reihenfolge der Entdeckung der Jupitermonde.

Die Gestalt der Jupitermonde ist 1894 in den Monaten Januar bis April von S. J. Bailey am 13 zolligen Refraktor des Observatoriums zu Arequipa untersucht worden [4]). Der Beobachter kommt zu dem Ergebnisse, dass unter den günstigsten Umständen die Scheiben des 2., 3. und 4. Mondes stets vollkommen rund gesehen wurden. Der 1. Mond erschien dagegen zweimal in der nämlichen Richtung wie Jupiter verlängert, in beiden Fällen stand er dabei dem Planeten sehr nahe.

Beobachtungen und Messungen des Saturn und seiner Ringe hat E. E. Barnard während der Opposition von 1894 am 36-Zoller der Lick-Sternwarte ausgeführt [5]). Diese Messungen

---

[1]) Monthly Notices 55. Nr. 8. p. 477 u. ff.
[2]) Astronomical Journal Nr. 325.
[3]) Astron. Nachr. Nr. 3200.
[4]) Astrophysical Journal 2. p. 97.
[5]) Monthly Notices 4. p. 354. 1895.

begannen im Februar und wurden bis zum Juli fortgesetzt, sie wurden mit der grössten Sorgfalt ausgeführt und bezeichnen wohl das höchst Erreichbare in dieser Richtung an dem grossen Fernrohre. Die Beobachtungen bestätigen die früheren Messungen, besonders sind sie in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen, zu welchen Prof. Hall in den Jahren 1884 bis 1887 am 26 zolligen Refraktor zu Washington gelangt ist. Sie zeigen ferner, dass die früher von mehreren Astronomen geäusserte Meinung, das Ringsystem des Saturn verengere sich, irrig ist. Ferner wurde durch genaue Messungen festgestellt, dass während der Opposition von 1894 Saturn genau im Zentrum seines Ringsystems sich befand, also nicht exzentrisch zu demselben, wie frühere Beobachter gefunden haben. Dagegen ergab sich, dass die Cassini'sche Trennung exzentrisch zu der Saturnkugel steht, indem diese letztere 0.25″ der voraufgehenden Seite der Trennungsspalte näher steht. Demgemäss müsste also diese Trennungsspalte in dem Ringsystem selbst exzentrisch gegen dessen äussere Begrenzung liegen, eine Thatsache, die schwer zu erklären ist. Barnard ist deshalb auch noch nicht gewiss, diese exzentrische Stellung der Ringspalte als thatsächlich nachgewiesen zu betrachten, sondern behält sich fernere Untersuchungen hierüber vor.

Das physische Aussehen des Saturn während der Zeit der Messungen bot nichts Ungewöhnliches dar. Die an mehreren kleinen Teleskopen jüngst gesehenen dunklen und hellen Flecke sind von Barnard nicht wahrgenommen worden, »sie blieben jenseits der Kraft des 36-Zollers sowohl als des 12-Zollers bei guten und schlechten Luftverhältnissen.« Nur ein schmaler dunkler Streifen war auf der Saturnkugel zu sehen, welcher ungefähr die Mitte der breiten hellen Äquatorialzone bezeichnete. Diese helle Zone wurde im Norden von einer dunklen diffusen Zone begrenzt, die sich bis zum Nordrande des Planeten ausdehnte, doch war die nördliche Polarzone wieder etwas heller. Ein- oder zweimal wurde ein sehr kleiner und sehr dunkler Fleck am Nordpole des Saturn gesehen. Um dieselbe Zeit hat auch Stanley Williams den Saturn mit einem Reflektor von nur $6^1/_2$″ Öffnung beobachtet und auf der nördlichen Hemisphäre des Saturn nicht weniger als elf dunkle Flecke wahrgenommen, aus denen er sogar die Rotationsdauer des Saturn ableitete; ausserdem hat er helle Äquatorialflecke wahrgenommen, und zwar zu den verschiedensten Zeiten in den Monaten Februar bis Juni. Auch diese lieferten ihm Werte für die Rotationsdauer der Saturnkugel. Ähnliche Flecke hat Williams 1891, 1892 und 1893 gesehen und daraus Ergebnisse über die Eigenbewegung derselben abgeleitet. Nach den bestimmten Aussagen von Barnard kann es kaum einem Zweifel unterliegen, dass die Wahrnehmungen von Stanley Williams Täuschungen sind, wie denn auch überhaupt keine früheren Beobachter des Saturn von solchen zahlreichen hellen und dunklen Flecken berichten. — Der Krapring erschien am 36-Zoller

gleichförmig, selbst im Schatten der Ringhenkel, von stahlblauer Farbe und mit dem Himmelsgrunde nicht sehr kontrastierend. Keinerlei markierte Stellen konnten in ihm wahrgenommen werden, ebensowenig eine früher an kleinerem Instrumente vermutete Auszahnung an seinem inneren Rande. Endlich zeigt der grosse Refraktor auch nicht die leiseste Spur einer Teilung der Ringfläche zwischen dem Krapringe und dem inneren hellen Ringe, wie man solche bisweilen auf Zeichnungen sieht. Dass solche Trennungsspalte wirklich nicht besteht, ist schon durch die Beobachtung der Verfinsterung des Japetus, welche Barnard am 1. Mai 1889 angestellt, erwiesen worden. Auch ist keine bestimmt erkennbare Verbindungslinie des hellen und des Krapringes zu bemerken, vielmehr gehen beide unmerklich in einander über. Bei Untersuchung des Aussehens des Krapringes, da wo er sich auf der Kugel projiziert, ergab sich, dass derselbe am inneren Rande sehr dünn sein muss, und dass er gegen den hellen Ring hin successive dichter wird. Diese zunehmende Dichtigkeit ist ebenfalls schon durch die Beobachtung der Verfinsterung des Japetus im Jahre 1889 erwiesen worden. Bei den in Rede stehenden Beobachtungen konnte die Kugel des Saturn durch einen kleinen Teil der Projektion des Krapringes hindurch gesehen werden, aber nicht durch den ganzen Ring hindurch. Der innere Teil des hellen Ringes ist genau von derselben Helligkeit wie der äussere Ring, aber etwa in $^1/_4$ seiner Breite vom äusseren Rande an der Cassini'schen Trennung ist er sehr hell, und zwar heller als irgend ein anderer Teil des Ringsystems oder der Saturnkugel. Wegen des südlichen Standes des Planeten waren mehrere Einzelheiten, die früher wahrgenommen worden, nicht vollkommen zu sehen. Die von Keeler 1888 gesehene Trennung des äusseren Ringes war nicht sichtbar, obgleich Barnard sie 1889 auch gesehen hat. Ebenso war die sogenannte Encke'sche Trennung diesmal unsichtbar, obgleich Barnard sie ebenfalls in früheren Jahren sah. Der Beobachter glaubt, dass sie keine wirkliche Trennungsspalte ist, wie die Cassini'sche Trennung, sie erschien ihm später mehr als eine dunkle Linie auf dem Ringe, obgleich sie allerdings, soviel bekannt, schon auf beiden Seiten des Ringes wahrgenommen worden ist. Barnard glaubt, sie sei vielleicht so zu deuten, dass an ihrer Stelle die Partikelchen, aus welchen der Ring besteht, weniger dicht gehäuft sind, während sie an Stelle der Cassini'schen Trennung völlig fehlen und eine breite Lücke lassen. Sie wären also dort vielleicht ähnlich verteilt wie im Krapringe.

Barnard hat eine sorgfältige Zeichnung des Saturn angefertigt, so wie sich derselbe in dem grossen Refraktor zeigte. Diese Zeichnung ist weniger detailreich als andere, die früher an kleineren Teleskopen erhalten wurden, allein sie entspricht genau dem, was der Beobachter damals wirklich sah. Sie ist auf Tafel II reproduziert.

Auf das Detail der Mikrometermessungen des Saturnsystems, welche Barnard in der ersten Hälfte des Jahres 1894 ausgeführt,

kann hier nicht eingegangen werden; es genügt, die Endergebnisse derselben mitzuteilen. Dieselben sind, reduziert auf die mittlere Entfernung des Saturn von der Sonne, folgende;

Äquatorialdurchmesser des Saturn . . .	17.744"
Polar- » » » . .	16 307"
Äusserer Durchmesser des äusseren Ringes	40.249"
Innerer » » » »	34 864"
Mitte der Cassini'schen Trennung . . .	34.306"
Äusserer Durchmesser des inneren Ringes	33.748"
Innerer » » » »	25.522"
» » » Krapringes . .	21.033"
Breite der Cassini'schen Trennung . . .	0.558"
Abplattung des Saturn	1:11.14

In englischen Meilen ausgedrückt sind diese Verhältnisse folgende:

Äquatorialdurchmesser des Saturn	=	76150	engl. Meilen
Polar- » » . . .	=	69980	» »
Äusserer Durchmesser des Ringsystems . .	=	172730	» »
Innerer » » äusseren Ringes	=	149620	» »
Äusserer » » inneren »	=	144830	» »
Innerer » » » »	=	109530	» »
» » » Krapringes . .	=	90280	» »
Breite der Cassini'schen Trennung	=	2395	» »

Einen neuen Wert für die Masse des Saturnringes hat Prof. Deichmüller abgeleitet[1]). Die erste Massenbestimmung hat Bessel 1811 unter Benutzung seiner Lilienthaler Beobachtungen (1806—1808) über die Apsidenbewegung des Titan ausgeführt; er fand die Ringmasse zu $\frac{1}{213}$ der Saturnmasse. Nachdem Bessel 1830 mit dem neuen Heliometer eine bis heute unübertroffene Beobachtungsreihe desselben Trabanten geschaffen hatte, leitete er unter Zugrundelegung dieser einen neuen Wert für die Ringmasse: $\frac{1}{118}$ ab. Dieser Wert ist bis in die neueste Zeit in Anwendung gebracht worden, obschon es nicht zweifelhaft sein konnte, dass — abgesehen von der in der That geringfügigen Wirkung der übrigen Monde — ein grosser Teil der die Perisaturnbewegung des Titan hervorrufenden Masse in dem äquatorealen Wulste der abgeplatteten Planetenkugel ihren Sitz hat, so dass der alte Bessel'sche Wert für die Ringmasse der Wahrheit sehr viel näher kommen musste, als der letztere. Der Lösung der Aufgabe, die Wirkung der Abplattung von derjenigen der Ringmasse auf die Apsidenbewegung zu trennen, ist erst Tisserand zu Ende der siebziger Jahre näher getreten. Im ersten Bande der Toulouser Annalen hat er unter Zugrundelegung der (48) Bessel'schen Messungen über die Dimensionen der Saturnkugel die jähr-

[1]) Sitzungsbericht der Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn, 13. Mai 1895.

lichen Bewegungen des Perisaturniums für Titan und die fünf inneren Satelliten berechnet, wie sie von der Abplattung allein bewirkt werden, und ferner die Bedingungen für die Änderung dieser Bewegungsgrössen durch die Ringmasse aufgestellt. Der Versuch, einen genäherten Wert für die letztere zu erreichen, schlug aber fehl, da die vorliegenden Beobachtungen über die Apsidenbewegung von Mimas (Lamont, Jacob) einander widersprachen und sogar auf eine kleinere Apsidenbewegung dieses Satelliten führten, als sie die Abplattung allein verlangte.

Es erschien nun auch für die Folge aussichtslos, auf diesem Wege zur Kenntnis eines genäherten Wertes für die Ringmasse zu gelangen, da Prof. Hall im Jahre 1886 auf Grund der mit dem 26zölligen Refraktor in Washington erlangten Beobachtungen die Bahnen der inneren Satelliten für kreisförmig erklärte, und damit die Lage einer Apsidenlinie und die Ringmasse unbestimmt bleiben musste.

Seit 1884 hatte nun aber H. Struve zunächst am 15zölligen Refraktor der Pulkowaer Sternwarte die Beobachtung der Saturnstrabanten aufgenommen und die Beobachtung der schwierigeren dann am 30zölligen Refraktor fortgesetzt. Die vorliegenden vorläufigen Resultate für die Apsidenbewegungen der inneren Trabanten haben nun im Falle Mimas einen günstigen Erfolg ergeben, so dass man zur Ableitung eines ersten einwurfsfreien Näherungswertes der Ringmasse schreiten kann. Unter der Annahme der jährlichen Perisaturnbewegung von Mimas = 365.0^{0}, von Titan = 0.50^{0} nach H. Struve und der Dimensionen und Rotationsdauer des Planeten, halben grossen Axe der Titanbahn und der Umlaufszeit dieses Trabanten nach Tisserand's Annahmen, wurde zuerst eine Verbesserung der aus den Bessel'schen Dimensionen folgenden Abplattungskonstante abgeleitet, und es ergab sich dann die Ringmasse im Verhältnisse zur Saturnmasse:

$$\frac{m}{M} = \frac{1}{26\,200}.$$

Die Unsicherheit, welche diesem Werte noch anhaftet, ist in der nur noch geringen Unsicherheit in der Kenntnis der Abplattung und des Äquatorealhalbmessers des Planeten, sowie in der Vernachlässigung der Trabantenstörungen begründet.

Bei der Schwierigkeit, die direkt gemessenen Axenunterschiede der Planetenkugel von dem Einflusse der dioptrischen Fehler des Auges, besonders des Astigmatismus, zu befreien, war eine einwurfsfreie Bestimmung dieser Grösse erst aus einer vollkommeneren Theorie der inneren Trabanten abzuleiten. Bei dem gegenwärtigen Stande dieser letzteren haben wir Aussicht, bald einen so scharfen Wert für die Abplattung zu erhalten, wie er durch die direkten Beobachtungen niemals zu erreichen wäre. Inzwischen bietet die soeben aus der Verbindung von Titan und Mimas allein abgeleitete

Verbesserung einen bereits so genäherten Wert für die Ringmasse dar, dass die bei der Deutung von Ringbeobachtungen gelegentlich noch herangezogenen Werte von der Ordnung der Bessel'schen und des vorletzten H. Struve'schen (Astron. Nachr. Nr. 3074) als vollständig ausgeschlossen erscheinen müssen.

In den verschiedenen Stadien seiner Untersuchungen über die Saturnsatelliten hat H. Struve auch Werte für die Ringmasse abgeleitet. In seiner ersten Abhandlung (1888) findet er unter Zugrundelegung der Bessel'schen Werte für die Dimensionen der Saturnkugel die Masse $= \frac{1}{1000}$, zeigt aber, dass unter Hinzuziehung der übrigen vorliegenden Bestimmungen jener Grösse noch eine obere Grenze für die Ringmasse $= \frac{1}{314}$ mit den Beobachtungen vereinbar wäre. In der zweiten Abhandlung (1889) machen es Unterschiede in den beobachteten und berechneten Knotenbewegungen ebenfalls nicht unwahrscheinlich, dass eine obere Grenze der Ringmasse von $\frac{1}{300}$ zulässig erscheint. In der dritten Abhandlung: »Vorläufige Resultate« (1890), erscheint, wenn auch die noch verbesserungsfähige Knotenbewegung von Tethys mit der von Mimas verglichen wird, eine obere Grenze für die Ringmasse $= \frac{1}{10000}$ ebenfalls ausgeschlossen; es bleibt aber noch, wenn man auch auf die schwierige Bestimmung der Masse von Rhea verzichtet, erst eine zuverlässige Bestimmung der Masse, der Perisaturn- und Knotenbewegung von Enceladus, sowie der Knotenbewegung von Dione abzuwarten, ehe man zur Ableitung eines definitiven Wertes für die Abplattung und die Ringmasse schreiten kann.

Bleiben wir daher für jetzt bei dem oben abgeleiteten Werte (wahrscheinlich Maximalwert) für die Ringmasse stehen, so ergiebt sich unter der Annahme gleicher Dichte mit der Saturnkugel und gleicher Massenverteilung innerhalb des Ringes in der mittleren Entfernung des Planeten von der Sonne die

$$\text{Dicke des Ringes} = \frac{1}{7000} \text{ Bogensekunde oder} = 1 \text{ Kilometer.}$$

Die Voraussetzung gleicher Massenverteilung im Ringe ist nun nach dem Zeugnisse der neueren Beobachtungen nicht zutreffend, indem der dunkle Ring transparent erscheint, während der äussere Sonnenstrahlen nicht hindurchlässt. Aber es wird die Möglichkeit ausgeschlossen sein, dass der äussere Ring die hundertfache Dicke von der des inneren hat, so dass der Ring beim Durchgange der Erde durch die Ringebene auch für die mächtigsten Fernrohre der Erde vollständig unsichtbar werden muss. — In der That ist bei dem jüngsten Durchgange der Erde durch die Ringebene, Ende Oktober 1891, mit dem grössten aller bisher gebauten Refraktoren

auf der Lick-Sternwarte das vollständige Verschwinden des Saturnringes von Barnard beobachtet worden.

Theoretische Untersuchungen über die Konstitution des Saturnringes. Prof. H. Seeliger hat bereits früher darauf aufmerksam gemacht, dass ein Teil der Untersuchungen Maxwell's [1]) über den Saturnring keineswegs einwandfrei ist, und dass sich gegen die Richtigkeit der von ihm angewandten Methode begründete Zweifel vorbringen lassen. Prof. Seeliger kommt nun auf diesen Gegenstand zurück [2]) und geht hierbei aber auch auf die von Hirn veröffentlichten Untersuchungen, die wenig bekannt zu sein scheinen, ein.

Was die Maxwell'sche Untersuchung betrifft, so beschäftigt sich Prof. Seeliger im wesentlichen nur mit dessen Theorie der Bewegung eines festen Ringes.

Zunächst knüpft er an die von Laplace in der Mécanique céleste gegebenen Entwickelungen an und schliesst daran einige Bemerkungen, da hierdurch die Sachlage, wie sie die Annahme einer festen Konstitution der Saturnringe schafft, nicht schwieriger zu klären sein dürfte, als durch die viel komplizierteren, aber nicht strengen Untersuchungen von Maxwell oder die Bemerkungen von Hirn.

Prof. Seeliger zeigt nun durch eine mathematische Betrachtung, dass die Bewegung des Ringsystems instabil, und ein Zusammenstoss des Ringes mit dem Saturnkörper unausbleiblich ist. Schon eine minimale Verschiebung des Schwerpunktes des Ringsystems reicht aus, um ein Auffallen des Ringes auf den Saturn in kurzer Zeit herbeizuführen.

Der Saturnring könnte nach Ansicht von Laplace aus einer sehr grossen Anzahl unendlich dünner Ringe, welche aber inhomogen sind, bestehen. Der Augenschein lehrt aber, dass der Saturnring, als Ganzes aufgefasst, den Eindruck einer im hohen Grade homogenen Massenanordnung in peripherischer Richtung macht, und man wird die Bewegung der Schwerpunkte des Saturn gegen das gemeinsame Zentrum dieser Ringe jedenfalls nahezu erhalten, wenn man den ganzen Saturnring als eine breite, aber unendlich dünne Scheibe ansieht.

Es ergiebt sich dann aber, wie Prof. Seeliger zeigt, dass selbst bei einer so überaus kleinen Anfangsgeschwindigkeit wie 0.00042 *mm* pro Sekunde schon nach $2^1/_2$ Tagen der innere helle Ringrand mit der Oberfläche des Saturnkörpers zusammenstossen wird. In so hohem Grade instabil ist also der Anfangszustand.

Prof. Seeliger zeigt nun weiter, dass die Maxwell'schen Resultate nicht einwandsfrei sind, weil sich dieser bei seinen mathematischen Entwickelungen gewisse Vereinfachungen gestattet hat, deren Zulässigkeit nicht erwiesen, im Gegenteile sehr bestreitbar ist.

»Danach wird man wohl,« sagt Prof. Seeliger, »zugeben müssen, dass das Maxwell'sche Resultat, in der vorliegenden Form wenigstens, gänzlich unbegründet ist. Die vorliegende astronomische Frage scheint mir aber hiervon ganz unabhängig zu sein. Denn es ist sicher, dass die thatsächlichen Verhältnisse beim Saturnringe völlig verschieden sind von den Annahmen, auf denen das Maxwell'sche Problem beruht. Der Saturnring ist ein sehr dünnes, aber breites Gebilde, und der Augenschein lehrt, dass dasselbe im grossen und ganzen in peripherischer Richtung von homogener Dichtigkeit ist. Wenn man sich den Ring auch vorstellen will als bestehend aus sehr vielen, sehr dünnen und sehr inhomogenen Ringen, so

[1]) On the Stability of the motion of Saturn's Ring. An Essay which obtained the Adam's Prize for the year 1856 in the University of Cambridge.

[2]) Mémoire sur les conditions d'équilibre et sur le nature probable des anneaux des Saturne, présenté le 16 Septembre 1872 à l'Académie des Sciences.

werden sich doch diese Ungleichförmigkeiten in der Massenverteilung der einzelnen Ringe, nahezu kompensieren müssen, so dass man sich offenbar weit mehr der Wahrheit nähert, wenn man den ganzen Ring als homogen betrachtet, als wenn man etwas anderes annimmt. Hierdurch entsteht aber, wie oben auseinander gesetzt wurde, eine in hohem Grade instabile Bewegung, und man wird diese mit viel mehr Recht als der Natur entsprechend ansehen können, als etwa die Konsequenzen des Maxwell'schen Problemes.«

Prof. Seeliger geht nun auf die Untersuchungen Hirn's ein. Dieselben liegen in einer ganz anderen Richtung als die Maxwell'sche Arbeit. Während letzterer, erläutert Prof. Seeliger, versuchte, die Dauerhaftigkeit der Bewegung des Saturn um das Ringzentrum zu untersuchen, beschäftigt sich Hirn mit den Ansprüchen, welche man an die Festigkeit der Ringe zu machen gezwungen ist, falls diese als fest angenommen werden. »Hierbei scheint Hirn von der Meinung auszugehen, dass ein nicht homogener Ring überhaupt einen stabilen Zustand zulasse, d. h. dass sich Saturn stets in der Nähe des Ringzentrums aufhalten könne. Er stützt sich dabei auf Laplace, der allerdings in der Mécanique céleste seine Untersuchungen über den Saturnring mit der Bemerkung schliesst: »les divers anneaux qui entourent le globe de Saturne sont par conséquent des solides irregulaires d'une largeur inégales etc.« Diese Schlussfolgerung ist aber durch die vorangehende Analyse keineswegs gerechtfertigt, denn Laplace hat nur die Bewegung homogener Ringe untersucht. Deshalb entbehren die auf Laplace's Meinung sich stützenden Bemerkungen Hirn's der sicheren Grundlage und müssen als wenig beweiskräftig angesehen werden.«

Prof. Seeliger giebt nun eine lichtvolle Analyse der Hirn'schen Untersuchung und zeigt, dass selbst bei einer sehr geringen Masse des Ringes die auftretenden Druck- und Zugkräfte, die den Ring zu zerreissen streben, ausserordentlich gross sind.

Nimmt man z. B. an, dass ungefähr die Masse des halben Ringes der Masse einer Kubiklinie Wasserstoff entspricht, so ergiebt sich eine Druckkraft von 5000000 *kg*. »Unter solchen Drucken würde aber jedenfalls ein aus so dünnem Stoffe bestehender Ring auseinanderbrechen müssen. Wollte man aber die Festigkeit so gross annehmen, dass diesen Drucken Widerstand geleistet werden könnte, so müsste man noch die Bedingung der beinahe vollständigen Starrheit hinzufügen. Denn sonst würden sehr bedeutende Verbiegungen auftreten müssen, von deren Qualität man sich leicht Rechenschaft geben kann. Da aber die Beobachtungen dergleichen nicht verraten, so muss man wohl, will man nicht mit ganz abnormen und unbekannten Verhältnissen rechnen, die Hypothese sehr dünner starrer Ringe aufgeben.«

Es bliebe indessen noch übrig, den Saturnring als ein oder mehrere sehr dünne Bänder von endlicher Breite aufzufassen, und auch dieser Fall wird mathematisch untersucht.

Die angestellten Rechnungen zeigen aber, dass auch dann sehr bedeutende Zugkräfte die Zerteilung des ringförmigen Bandes herbeizuführen suchen, denen nur die Kohäsion der Masse sich entgegensetzt.

Um eine genauere Vorstellung von der Grösse dieser Kräfte zu erlangen, erwähnt Prof. Seeliger, dass Buchenholz ein Körper ist, der bei grösster Leichtigkeit die stärksten Drucke aushalten kann. Im vorliegenden Falle wurde damit der Druck = 598687600 *kg* pro *qm*. Diese Belastung ist etwa vierzigmal so gross, als Buchenholz erfahrungsgemäss ertragen kann. »Indessen,« fährt Prof. Seeliger fort, »ist offenbar die Druck ausübende Kraft bedeutend kleiner, wenn die Breite des Ringes abnimmt, und man kann sich die Frage vorlegen, wie breit die einzelnen Ringe sein müssen, um bei gegebener Festigkeit bestehen zu können. Die Rechnung ist leicht auszuführen, wenn die Ringanziehung vernachlässigt wird. Für eine Materie von der Beschaffenheit des Buchenholzes folgt dann, dass der innere helle Ring mindestens aus fünf einzelnen Ringen bestehen müsste.

Ganz Ähnliches gilt natürlich auch für den äusseren Ring, so dass also mit der festen Konstitution der Ringe die Folgerung verknüpft ist, dass dieselben aus einer grösseren Zahl schmaler Ringe bestehen müssen. Der Augenschein und manche Beobachtungen, namentlich aus früherer Zeit, widersprechen dem durchaus nicht, und es ist bekannt, dass Laplace etwas ganz Ähnliches als durch die Beobachtungen bestätigt angenommen und hierauf seine Rechnungen gegründet hat.

So interessant dieses Resultat von Hirn auch ist, so ändert es doch nichts an der Unzulänglichkeit der Annahmen. Der der Rechnung zu grunde gelegte Zustand ist ein im höchsten Grade instabiler, wie oben auseinandergesetzt, und demzufolge ist die Untersuchung über die Unmöglichkeit fester Ringe unnötig, weil das System nur ganz kurze Zeit bestehen kann. Auch einseitige Belastungen ändern nichts an der Sachlage, wenn man nicht das Aussehen der Saturnringe ganz ignorieren will.

Fragt man nun weiter nach der eigentlichen Konstitution der Ringe, nachdem der feste Aggregatzustand ausgeschlossen ist, so drängt sich zunächst die Vermutung auf, diese Gebilde könnten flüssiger oder gasförmiger Natur sein. Um die Mitte dieses Jahrhunderts hatte diese Hypothese an den beiden amerikanischen Gelehrten W. C. Bond und Peirce energische Verfechter gefunden, man wird sie aber trotzdem nicht ernstlich in Betracht zu ziehen haben. Lange Zeit und vereinzelt auch jetzt noch hat man die berühmten Experimente von Plateau über ringförmige Gebilde, die in rotierenden Flüssigkeiten auftreten, als einen Beweis für die Möglichkeit solcher kosmischen Gebilde angesehen. Diese Versuche veranschaulichen aber nur die Wirkung der Kapillarität und haben mit Gravitationswirkungen gar nichts zu schaffen. Sie hängen also gar nicht mit den Gleichgewichtsfiguren kosmischer Massen zusammen, ganz abgesehen davon, dass sie auch äusserlich den Verhältnissen beim Saturnringe nicht entsprechen. Denn hier liegt in der Mitte der Ringe von sehr geringer Masse die bedeutende Saturnmasse, welcher Fall sich bei den genannten Figuren wohl kaum erzielen lässt.

Nachdem Laplace die Theorie der ringförmigen Gleichgewichtsfiguren zu untersuchen begonnen hatte, ist dieses Problem ausführlich und streng von verschiedenen Seiten behandelt worden. Die Hauptfrage, die aber bei einer Verwertung der erlangten Resultate in der Astronomie von der grössten Wichtigkeit ist, ob nämlich solche Figuren stabil sind und nicht durch Hinzutritt kleiner Störungen von aussen auseinanderfliessen, hat eine genügende Beantwortung bis jetzt nicht gefunden, indessen ist kaum wahrscheinlich, dass die erforderliche Stabilität vorhanden ist. Zu diesem Resultate kommt auch Hirn auf einem interessanten Wege, auf welchem ihm hier gefolgt werden soll.«

»Es werde angenommen, dass zu einer gewissen Zeit der flüssige Ring wirklich bestehe, wenn Saturn genau in dessen Zentrum sich befindet. Dann wird der Ring mit gleichförmiger Geschwindigkeit wie ein fester Körper um sein Zentrum rotieren, und die einzelnen Teilchen werden keine Verschiebung gegen einander erleiden. Wenn nun Saturn sich aus irgend einer Ursache von dem Ringmittelpunkte ein wenig entfernt, so werden die einzelnen Teilchen nicht mehr gleichförmig rotieren können. Dort, wo sie dem Saturn näher stehen, werden sie sich schneller, dort wo sie von ihm entfernter sind, werden sie sich langsamer bewegen müssen. Man wird sich, weil die Anziehung des Ringes auf seine einzelnen Teile gering ist gegenüber der Anziehung des Saturn, ein näherungsweise richtiges Bild von der Bewegung bilden, wenn man annimmt, dass die einzelnen Teile Ellipsen beschreiben, deren einer Brennpunkt im Saturn liegt. Ist die Ringmaterie ein zusammendrückbares Gas, so werden die einzelnen Teilchen in der Saturnnähe, da sie sich hier schneller bewegen, auseinanderrücken, und in der Saturnferne wird das Entgegengesetzte eintreten. Ist der Ring aus einer unzusammendrückbaren Flüssigkeit gebildet, so werden sich die einzelnen Teilchen im letzteren Punkte anhäufen, und der Ring wird hier breiter

und dicker werden müssen. Dieses Spiel wiederholt sich bei jedem Umlaufe, also alle 10 bis 14 Stunden. Infolge der Reibung zwischen den einzelnen Teilchen wird beim Anhäufen oder Zusammendrängen der Teilchen Wärme erzeugt werden, was aber in der Saturnferne stattfinden muss, während, wenigstens ist dies bei gasförmiger Konstitution sicher, in der Saturnnähe eine Abkühlung erfolgen wird. Infolge der Wärmeleitung, des Stosses der einzelnen Teilchen gegeneinander u. s. w., werden nun, wie die Thermodynamik zeigt, sich die Wärmewirkungen in der Saturnferne und -nähe und auch in den dazwischen liegenden Punkten nicht ausgleichen, vielmehr bleibt ein Rest übrig, welcher eine Temperaturerhöhung der Ringmasse hervorbringt. Dies kann aber nur auf Kosten der Bewegungsenergie geschehen, und es werden sich also die Dimensionen des Ringes nach dem Saturn hin verkleinern. Die Innenseite des Ringes wird sich demzufolge ziemlich gleichmässig von allen Seiten langsam dem Saturn nähern, um sich schliesslich mit ihm zu vereinigen.

Auf Grund seiner Untersuchungen kommt Hirn zu dem Resultate, dass sich alle Schwierigkeiten und Unmöglichkeiten heben, wenn man annimmt, der Saturnring bestehe aus einzelnen diskreten Massenteilchen, oder er sei, kurz gesagt, von staubförmiger Struktur. Wie sich die mechanischen Verhältnisse in einem solchen Systeme abwickeln, hat Hirn nicht weiter untersucht, und die kurzen Bemerkungen, die er in dieser Richtung macht, werden voraussichtlich teilweise der Korrektur bedürfen. Dagegen hat Maxwell diese Probleme in Angriff zu nehmen versucht, ohne dass es ihm aber, wie ich glaube, gelungen ist, zu einer einwurfsfreien Lösung zu gelangen.

Die Erscheinungen, welche ein staubförmiger Saturnring darbietet, habe ich in zwei grösseren Arbeiten besprochen, und ich glaube, dort den strikten Nachweis geliefert zu haben, dass alle Erscheinungen, die zum Teile sehr komplexer Natur sind, nur durch die zu Grunde gelegte Annahme erklärt werden können. Bei dem noch nicht gehörig entwickelten Zustande der Dynamik des Saturnringes dürfte auf diesem Wege die festeste Stütze gewonnen sein, die man bis jetzt der Maxwell-Hirn'schen Annahme geben konnte.

Es ist interessant, dass die Forschung, nachdem der Reihe nach alle nur denkbaren Annahmen über die Konstitution des Saturnringes diskutiert und als wahrscheinlich hingestellt worden sind, wieder jener Ansicht zuneigt, welche als eine der ersten aufgestellt worden ist, um dann aber, wie es scheint, völlig der Vergessenheit zu verfallen. Es ist von verschiedenen Seiten bemerkt worden, dass Jacques Cassini (1677—1756) bereits die Maxwell-Hirn'sche Ansicht ausgesprochen hat. Die Wichtigkeit der Angelegenheit wird es wohl rechtfertigen, wenn ihr etwas nachgegangen wird. Bei Gelegenheit der Veröffentlichung seiner Beobachtungen des Saturn, namentlich des Verschwindens des Ringes im Jahre 1715[1]) spricht sich Cassini ganz deutlich aus. Pag. 47 sagt er:

»Cette apparence qui n'a point sa pareille dans les corps célestes, a donné lieu de conjecturer que ce pouvait être un amas de satellites qui étaient dans le plan des autres et faisaient leur révolution autour de cette planète, que leur grandeur est si petite qu'on ne peut pas les apercevoir chacun séparément, mais qu'ils sont en même temps si près l'un de l'autre qu'on ne peut point distinguer les intervalles qui sont entr'eux, ensorte qu'ils paraissent former un corps continu.«

Hieran werden Bemerkungen geknüpft über Schwierigkeiten, die bei der Darstellung der Beobachtungen auftreten sollen, in dieser Form aber wohl nicht existieren. Den Schluss bildet (p. 48) die Bemerkung:

---

[1]) Observations nouvelles sur Saturne. Mémoires de mathematique et de physique, tirés des registres de l'académie royale des sciences de l'année 1715. p. 41 ff.

»On peut donc supposer avec beaucoup de vraisemblance que l'anneau de Saturne est formé d'une infinité de petites Planètes fort près l'une de l'autre, qui étant comprises dans son Atmosphère, sont entrainés par le mouvement qui fait tourner Saturne autour de son centre et que dans cette Atmosphère etc«

Hiernach nimmt also Cassini an, dass die diskreten Teilchen, welche den Ring bilden, in der Atmosphäre des Saturn sich befinden und mit dieser durch die Rotation des Saturn herumgeführt werden. Das ist freilich ein Zusatz, welcher die ganze Auffassung völlig verschiebt, und da Cassini diesen Zusatz für ganz wesentlich hält, steht er doch auf wesentlich anderem Boden, als auf dem der Hypothese von Maxwell und Hirn. Es erscheint demnach doch nicht so rätselhaft, dass die Cassini'sche Ansicht nicht allgemeine Verbreitung gefunden hat.

Danach wird man, wie ich glaube, nicht gegen die historische Gerechtigkeit verstossen, wenn man die Erkenntnis, dass die Saturnringe eine staubförmige Konstitution haben, an die Namen Maxwell und Hirn knüpft.«

Spektroskopische Untersuchungen über die Konstitution der Saturnringe hat James E. Keeler ausgeführt[1]). Wenn die Ringe als zusammenhängendes Ganzes um den Saturn rotieren, so ist klar, dass die Geschwindigkeit, mit der sich der äussere Rand bewegt, grösser sein muss als diejenige des inneren Randes, wenn dagegen die Ringe aus einem Aggregat einzelner Körperchen bestehen, die um den Saturn rotieren, so werden umgekehrt die Teile am inneren Rande sich rascher bewegen müssen als diejenigen am äusseren. Die Linien im Spektrum dieser Teile des Saturn müssen daher entsprechende Verschiebungen aus ihrer normalen Lage erleiden, und die Photographie dieses Spektrums vermag den Beweis zu liefern, welche der beiden Annahmen der Wirklichkeit entspricht. Prof. Keeler ist es gelungen, mit dem grossen Spektroskope des Alleghany-Observatoriums unter Anwendung von orthochromatischen Platten das Spektrum des Saturn und seiner Ringe am 9. und 10. April 1895 zu photographieren. Die Exposition dauerte jedesmal 2 Stunden, dann wurde zum Vergleiche das Spektrum des Mondes an jeder Seite des Saturnsystems und fast in Kontakt mit diesem aufgenommen. An beiden Seiten des Spektrums der Saturnkugel sieht man die schmalen Spektren der Henkel des Ringsystems. Die Photographien zeigen nicht nur auf's deutlichste die relativen Verschiebungen der Spektrallinien des Ringes, welche der entgegengesetzten Bewegung beider Ringhenkel entsprechen, sondern die Neigungen dieser Linien lassen auch erkennen, dass die äusseren Enden weniger verschoben sind als die inneren, daraus folgt, dass das Ringsystem aus getrennten Teilen besteht, die wie Haufen von Meteoren um den Saturn zirkulieren. Die Messungen an beiden photographischen Aufnahmen ergaben als Geschwindigkeit des Randes des Saturn 10.3 ± 0.4 *km*, als mittlere Geschwindigkeit des Ringes 18.0 ± 0.3 *km*, während die Rechnung für beide Geschwindigkeiten die Werte von 10.29 und 18.78 *km* ergiebt. Die Übereinstimmung ist demnach eine unerwartet grosse. Die von Keeler erhaltenen

[1]) Astrophysical Journal 1. Nr. 5. p. 416.

Resultate hat W. W. Campbell mit dem neuen Spektrographen der Lick-Sternwarte vollkommen bestätigen können[1]. Die Beobachtungen geschahen am 10., 14., 15. und 16. Mai 1895. Die Messungen gaben als Rotationsgeschwindigkeit der Saturnkugel 9.77 *km*, ebenso fand sich für die Rotationsgeschwindigkeit der Mitte des Ringsystems 17.37 *km*, und der Überschuss der Geschwindigkeit des inneren Randes des Ringes über jene des äusseren Randes fand sich im Mittel aus 3 Platten zu 3.13 *km*, 0.74 *km* abweichend von dem berechneten Werte.

Auch Deslandres hat im Mai 1895 spektroskopische Untersuchungen über die Rotationsart der Saturnringe angestellt[2]. Im wesentlichen bestätigen seine Arbeiten diejenigen von Keeler und Campbell. Deslandres fand die Geschwindigkeit des inneren Ringes grösser als die des äusseren, und zwar ergaben die Messungen an den photographischen Platten des Saturnspektrums, das eine Stunde lang exponiert worden war, und dem in der Mitte der Exposition das Spektrum des Wasserstoffes als Massstab zugegeben war, nachstehende Werte:

	Abstand vom Zentrum	Geschwindigkeit gemessen	Geschwindigkeit berechnet
Rand der Scheibe . . .	1	9.38 *km*	10.30 *km*
Innerer Ring	1.5	20.10 »	21.00 »
Äusserer Ring	2.2	15.40 »	17.10 »

Den Schlüssen, welche die amerikanischen Astronomen in Übereinstimmung mit den bisherigen theoretischen Anschauungen ableiten, dass nämlich die geringere Geschwindigkeit des äusseren Randes des Saturnringes für die Zusammensetzung desselben aus diskreten Körperchen spreche, glaubt Deslandres nicht folgen zu sollen, vielmehr müssen nach seiner Meinung noch weitere Beobachtungen mit grösseren Instrumenten gemacht und Messungen an grösseren Bildern ausgeführt werden.

Über die Rotation des Saturnringes macht Prof. Seeliger mit Rücksicht auf die Schlüsse Keeler's und seine eigenen früheren Entwickelungen einige Bemerkungen[3]. »Das Resultat der spektrographischen Beobachtungen,« bemerkt er, »sagt nur aus, dass der Saturnring nicht eine einzige kompakte Masse sein kann und auch nicht als eine einzige Gleichgewichtsfigur flüssiger Masse betrachtet werden darf. Wenn nun auch ohne Frage der direkte Nachweis dieser Thatsache sehr wertvoll ist, so muss anderseits doch hervorgehoben werden, dass hierdurch nur die Unrichtigkeit einer Ansicht bezeugt wird, die wohl kaum jemand ernstlich verfochten hat, nachdem die Cassini'sche und Encke'sche Trennungslinie entdeckt, und nachdem die verschiedenen bis auf Laplace zurückreichenden Untersuchungen über die mechanische Unmöglichkeit solcher Systeme

---

[1] a. a. O. 2. p. 127.
[2] Compt. rend. 120. p. 1155. 1895.
[3] Astron. Nachr. Nr. 3295.

ausgeführt worden sind. Die von Keeler ausgeführten Messungen lassen sich auch, ebenso gut wie mit der Maxwell-Hirn'schen Hypothese, mit der Annahme mehrerer konzentrischer Saturnringe vereinigen, von denen jeder nach dem erwähnten Gesetze rotiert. Bei dem gegenwärtig erreichbaren oder wenigstens erreichten Grade der Genauigkeit der Messungen braucht die Anzahl dieser Ringe nicht einmal sehr gross zu sein. Dass diese Ringe nicht bestehen können, vielmehr in einzelne Massenpunkte aufgelöst sind, darüber giebt die angestellte Messung keine Auskunft und kann in dieser Richtung auch gar nichts aussagen. Schon Laplace hat angenommen, der Saturnring bestehe aus einer grossen Anzahl konzentrischer Ringe. Er glaubte, ohne den Beweis hierfür zu erbringen, die erforderliche Stabilität eines solchen Systems in dem Umstande zu finden, dass diese einzelnen festen Gebilde sehr inhomogen seien. Diese Laplace'sche, längst verlassene Annahme würde aber den Keeler'schen Beobachtungen ebenfalls vollkommen entsprechen. Desgleichen würden sich diese in jeder Richtung mit der ebenfalls von Laplace und nach ihm von vielen anderen Seiten weiter verfolgten Annahme vereinigen lassen, dass der Saturnring aus vielen Ringen flüssiger Materie bestehe, welche sich als mögliche, aber in diesem Falle jedenfalls instabile Gleichgewichtsfiguren darstellen, denn diese Ringe müssten, wie Laplace gezeigt hat, dieselben Rotationsgeschwindigkeiten aufweisen, wie sie die Beobachtungen andeuten. Später hat Hirn die Festigkeit eines soliden inhomogenen Saturnringes untersucht und ist zu dem Resultate gelangt, dass eine solche Konstitution vorauszusetzen nur zulässig ist, wenn man eine grössere Anzahl konzentrischer und voneinander getrennter Ringe annimmt. Eine Entscheidung über die Richtigkeit einer oder keiner dieser verschiedenen Hypothesen kann die Beobachtung von Keeler ebensowenig bringen, wie über die Wahrheit der Maxwell-Hirn'schen Annahme. Über den Stand der zum Teile sehr schwierigen und bisher in einwurfsfreier Weise nicht durchweg beantworteten Frage über die Stabilität der verschiedenen angenommenen Systeme habe ich mich ausführlich in zwei Abhandlungen ausgesprochen, auf welche ich hier wohl verweisen darf. Was die direkten Beobachtungen betrifft, welche mit grosser, um nicht zu sagen mit absoluter Sicherheit zu gunsten der Maxwell-Hirn'schen Hypothese sprechen, und welche durch eine andere Hypothese kaum zu erklären sein dürften, so habe ich das Hauptsächlichste in der zuerst genannten Abhandlung und in einer früheren ausführlich aus einander gesetzt. Die damals ausgesprochene Meinung, die von G. Müller in Potsdam beobachteten und von mir theoretisch erklärten und auch quantitativ dargestellten sehr bedeutenden Variationen in der Helligkeit des Saturnringes seien der erste und sehr gut begründete direkte Beweis für die Richtigkeit der Maxwell-Hirn'schen Annahme, dürfte auch durch die an sich gewiss äusserst wertvollen und interessanten Beobachtungen von Keeler nicht hinfällig geworden sein.«

Ein mutmasslicher zweiter Mond des Neptun. Schäberle teilte mit, dass er in der Nacht des 24. September 1892 bei ganz ungewöhnlich klarer, ruhiger Luft am 36-Zoller der Lick-Sternwarte einen an der Grenze der Sichtbarkeit für dieses Instrument stehenden kleinen Stern nahe beim Neptun gesehen habe. Derselbe konnte $1^h\ 40^m$ hindurch beobachtet werden und zeigte während dessen eine um 2^0 grössere Änderung im Positionswinkel gegen den Neptun, als nach der geozentrischen Bewegung des letzteren der Fall sein musste. Schäberle hat indessen bei keiner anderen Gelegenheit diesen schwachen Stern wiedergesehen, so dass die Natur desselben vorderhand noch zweifelhaft bleiben muss.

Neuere Untersuchungen über die Spektra der Planeten. Prof. H. C. Vogel giebt eine Zusammenstellung und Diskussion der seit Publikation seiner »Untersuchungen über die Spektra der Planeten, 1894« angestellten eigenen und fremden Beobachtungen [1]. Dieses neuere Material hat nicht sehr viel mehr ergeben, als die früheren Beobachtungen bereits kennen lehrten. Es mag das immerhin auf den ersten Blick auffallend erscheinen; es ist aber in der Natur der Sache begründet, und Prof. Vogel bespricht die darauf bezüglichen Verhältnisse etwas eingehender.

»Die meisten der grösseren Planeten,« sagt er, »stellen sich im Brennpunkte eines Fernrohres als Scheiben von beträchtlichem Durchmesser dar, aus denen der Spalt des Spektroskops nur einen schmalen Streifen ausschneidet. Bei gleichem Verhältnisse zwischen Objektivöffnung und Brennweite bleibt bei verschieden grossen Fernröhren die Intensität der Flächeneinheit und damit die Helligkeit des Spektrums nahe dieselbe. Sie ist im grösseren Fernrohre sogar etwas geringer, da wegen des dickeren Objektivglases die Absorption hier stärker ist. Der Vorteil, den ein grösseres Fernrohr im vorliegenden Falle bietet, ist hauptsächlich darin zu suchen, dass das Spektrum breiter (höher) erscheint, was zur Erkennung von Detail günstiger ist. Auch ist in allen den Fällen, in denen man bei kleinen Instrumenten eine Cylinderlinse anwenden muss, um die zur Erkennung der Linien nötige Breite des Spektrums zu erhalten, das grössere Fernrohr an Lichtstärke überlegen, aber nie in dem Masse wie bei Beobachtung punktartiger Objekte (Fixsterne), wo die Lichtstärken der Brennpunktsbilder verschiedener Instrumente nahezu proportional den Quadraten der Öffnungen sind. Ein Gewinn an Lichtstärke scheint nun bei einem grösseren Fernrohre noch dadurch gegeben zu sein, dass man Spektralapparate von grösseren Dimensionen anwenden und den Spalt weiter öffnen kann, als bei einem kleineren, gleiche Konstruktion bei beiden Apparaten vorausgesetzt, ohne die trennende Kraft des Spektroskops im Vergleiche zu dem kleineren Instrumente zu verringern. Dieser Vorteil wird aber zum Teile dadurch wieder auf-

[1] Sitzber. der Kgl. Preuss. Akademie d. W. 1895. 2.

gehoben, dass die Lichtstrahlen beim Durchgange durch grössere Glasmassen einen erheblichen Verlust durch Absorption erleiden, für dessen Betrag sich Zahlenangaben allerdings nur machen lassen, wenn man ein bestimmtes Instrument und in bezug auf Absorption bekannte Glassorten ins Auge fasst. Durch das grössere Brennpunktsbild im grösseren Instrumente ist schliesslich die Möglichkeit einer eingehenderen Untersuchung des Spektrums verschiedener Teile der Planetenoberfläche gegeben; aber damit dürften auch sämtliche Vorteile, welche die Anwendung eines Fernrohres grösster Dimension für die Untersuchung der Planetenspektra gegenüber einem mittelgrossen Fernrohre bietet, aufgeführt sein.

Es ist zwar in neuer Zeit gelungen, die photographische Platte für fast alle Teile des sichtbaren Spektrums empfindlich zu machen, jedoch ist die Empfindlichkeit keine gleichmässige, und auch gegenwärtig ist von der Anwendung der Photographie zur Fixierung des weniger brechbaren Teiles des Spektrums nicht viel zu erwarten; in diesem Teile aber liegen gerade die für die Planetenspektra charakteristischen Absorptionsbänder. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, dass, wenn weitere Verbesserungen des photographischen Verfahrens in dieser Hinsicht gelingen sollten, es möglich werden wird, die charakteristischen Absorptionsbänder der Planetenspektra ihrer Lage nach sicherer zu bestimmen, als bisher mit Hilfe direkter Beobachtungen möglich war; immerhin aber würde die bisher erreichte Genauigkeit genügen, über den Ursprung der Bänder, namentlich der im Spektrum des Uranus, Aufschluss zu erhalten, wenn es nur gelänge, auf experimentellem Wege ein ähnliches Absorptionsspektrum zu erzeugen. Obgleich in den brechbareren Teilen der Planetenspektra keine Absorptionsbänder zu erwarten sind, ist doch eine Bestätigung dieser Vermutung durch spektrographische Aufnahmen nicht ohne Interesse. Bei dem Uranusspektrum erhalten derartige Aufnahmen sogar noch eine höhere Bedeutung dadurch, dass durch sie auf das Eklatanteste die kühne Behauptung, die Lockyer vor einigen Jahren aufgestellt hat, das Uranusspektrum sei nicht als ein Absorptions-, sondern als ein Emissionsspektrum anzusehen, zurückgewiesen wird.«

Die beiden in Potsdam benutzten Spektralapparate sind in Verbindung mit dem 13-zölligen photographischen Refraktor zur Anwendung gekommen, das verbesserte Spektrometer seit 1893. Von dem hellsten Planeten Venus liegen ausserdem Spektralaufnahmen mit dem Spektrographen mit sehr starker Zerstreuung vor, den Prof. Vogel zur Untersuchung der Eigenbewegung der Sterne in Verbindung mit dem elfzölligen Refraktor des Observatoriums benutzt habe. Ein ganz ähnlicher Apparat mit nur einem einfachen Prisma, der ebenfalls am elfzölligen Refraktor angebracht werden konnte, dessen Zerstreuung aber erheblich grösser war, als die der zuerst erwähnten Instrumente, hat einige Male zur Aufnahme der Spektra von Mars und Jupiter gedient.

Die Aufnahmen im Jahre 1892 sind meist von Prof. Frost, die späteren von Dr. Wilsing gemacht worden. Zu den Ausmessungen, die sämtlich von Prof. Vogel ausgeführt worden sind, wurde ein früher beschriebenes Mikroskop benutzt. Bei einigen in der Dämmerung gemachten Aufnahmen ist das Spektrum des Himmelsgrundes zu beiden Seiten des Planetenspektrums sichtbar, und es lässt sich eine direkte Vergleichung der Linien beider Spektra vornehmen. Bei anderen Aufnahmen ist beiderseitig vom Planetenspektrum das Spektrum eines in der Nähe befindlichen helleren Sternes mit aufkopiert worden, und auch hier ist eine direkte Vergleichung der Linien möglich, wenn der Stern der zweiten Spektralklasse angehörte. Zum mindesten konnten bei Sternen der ersten Spektralklasse die Wasserstofflinien identifiziert und dadurch Anhaltspunkte für weitere Messungen erhalten werden. Die meisten Aufnahmen sind aber ohne Vergleichsspektrum, da die nicht leicht zu verkennenden Linien H und K und die Liniengruppe G genügende Marksteine boten, um durch Messung die anderen Linien bestimmen zu können.

Eine Beschreibung des Apparats, dessen sich Huggins zur Herstellung der Planetenspektra bedient hat, ist in der klassischen Abhandlung: »Photographie Spektra of Stars«, zu finden.

Die Ausdehnung der Spektra ist beträchtlich geringer als die der mit dem Potsdamer photographischen Refraktor hergestellten.

Was nun die einzelnen Planeten anbelangt, so giebt Prof. Vogel die Ergebnisse seiner Messungen der Wellenlängen der einzelnen Linien. Beim Merkur konnten 28 Linien identifiziert werden, und es ergab sich eine vollkommene Übereinstimmung derselben mit dem Spektrum des hellen Himmelsgrundes. Bezüglich der Venus fand sich, dass zwischen den Wellenlängen λ 460 $\mu\mu$ und λ 406 $\mu\mu$ über 500 Linien im Venusspektrum mit Linien des Sonnenspektrums identisch sind, und dass in bezug auf die Intensität der Linien eine vollständige Übereinstimmung beider Spektra besteht.

Von Huggins lag vom Jahre 1879 eine Aufnahme vom Venusspektrum gleichzeitig mit dem Spektrum des hellen Himmelsgrundes vor. Eine Vergleichung beider Spektra ergab eine vollständige Übereinstimmung der Linien des Tageslichtsspektrums mit den Linien im Planetenspektrum; es konnten über 80 Linien in beiden Spektren erkannt werden, und es hat sich nicht die geringste Anomalie im Planetenspektrum gezeigt. Das photographische Spektrum erstreckte sich von 480 $\mu\mu$ bis λ 320 $\mu\mu$.

Das Spektrum des Mars ist zu Potsdam 1892 und 1894 an drei Abenden photographisch aufgenommen worden. An einer Aufnahme vom 27. Juli 1892 (30 Minuten Exposition) konnten zwischen F und K 75 Linien mit Linien des Sonnenspektrums identifiziert werden, und es war keinerlei Abweichung vom Sonnenspektrum auf dieser Strecke des Spektrums zu konstatieren.

Huggins hat ebenfalls im November 1894 einige Aufnahmen des Marsspektrums angefertigt, die sich weit über Violett hinaus

erstrecken und ebenfalls keinerlei Abweichungen vom Sonnenspektrum erkennen lassen. Aus früherer Zeit liegen von ihm keine Aufnahmen vor.

»Zur Ergänzung meiner Mitteilungen über die Huggins'schen Beobachtungen aus dem Jahre 1867,« sagt Prof. Vogel, »habe ich noch anzuführen, dass Huggins seine auf Grund früherer Beobachtungen ausgesprochene Vermutung, die Liniengruppen im Blau und Violett seien Ursache des Prädominierens der roten Farbe des Mars, zurückgenommen hat. Die photographischen Aufnahmen heben noch den Zweifel, den die Beobachtungen von Huggins gelassen hatten, ob jene von ihm im brechbareren Teile des Marsspektrums wahrgenommenen Linien besondere, der Marsatmosphäre eigentümliche Linien oder Fraunhofer'sche Linien seien, völlig, und zwar entscheiden sie zu gunsten der letzteren Annahme.«

»Auch Maunder hat im Jahre 1877 Beobachtungen über den sichtbaren Teil des Marsspektrums angestellt, hauptsächlich, um Spuren atmosphärischer Absorption aufzusuchen und irgend welche Verschiedenheiten des Spektrums verschiedener Teile der Marsoberfläche ausfindig zu machen. Das Spektrum des Mars ist zu dem Zwecke mit dem Mondspektrum zu Zeiten verglichen worden, wo beide Gestirne nahezu gleiche Höhe über dem Horizonte hatten. Zur Zeit der Beobachtungen hat der Mars jedoch keine günstige Stellung gehabt; die Höhe über dem Horizonte ist nur 26^{0}, bezw. 24^{0} gewesen, und die Trennung der von unserer Atmosphäre hervorgebrachten Absorptionslinien von den Linien ähnlichen Ursprungs im Marsspektrum bot Schwierigkeiten. Die Beobachtungen haben jedoch ergeben, dass einige dieser Linien im Marsspektrum breiter und deutlicher erschienen als im Mondspektrum. Ferner wurden geringe lokale Verschiedenheiten des Spektrums der Oberfläche, die sich als Unterschiede in der relativen Intensität ganzer Regionen des Spektrums zeigten, erkannt.«

»Meine früheren Beobachtungen,« fährt Verfasser fort, »hatten in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von Huggins ergeben, dass das Vorhandensein einer Atmosphäre des Mars, von ähnlicher Zusammensetzung wie die unserige, sich aus dem Auftreten gewisser Liniengruppen in der Nähe der D-Linien und der C-Linie, der tellurischen Liniengruppen α und δ, nachweisen lasse. Während Huggins bei sehr günstigem Stande des Planeten seine Beobachtungen anstellen konnte, war das Gegenteil bei meinen Beobachtungen der Fall; der Planet erhob sich nur wenig mehr als 20^{0} über den Horizont, und in dieser Höhe machen sich die Absorptionslinien unserer Atmosphäre schon recht bemerkbar. Nur durch die sorgfältigste Beachtung dieses Umstandes und durch speziell zu dem Zwecke angestellte Beobachtungen an Fixsternen und am Monde konnte ich Sicherheit darüber gewinnen, dass das Marsspektrum eine Verstärkung der zarten tellurischen Liniengruppen zeigte.«

»Campbell hat nun im Jahre 1894 unter sehr günstigen atmosphärischen Verhältnissen und bei sehr grosser Höhe des Planeten über dem Horizonte Beobachtungen über das Marsspektrum angestellt und ist zu dem Resultate gekommen, dass die Existenz einer Atmosphäre des Mars sich nicht mit Hilfe des Spektroskops nachweisen lasse, indem es ihm nicht möglich gewesen sei, einen Unterschied zwischen Mond- und Marsspektrum, wenn beide Gestirne in gleicher Höhe gewesen wären, aufzufinden. Die mit den mächtigen Hilfsmitteln des Lick-Observatoriums von diesem eifrigen Beobachter ausgeführten Untersuchungen verdienen gewiss Beachtung; sie sind aber meines Dafürhaltens doch nur den hier angeführten früheren Beobachtungen gegenüber zu stellen, denn die Vorteile des grossen Instruments sind in dem vorliegenden Falle, wie ich schon eingangs erwähnt habe, nicht so erhebliche, dass durch sie die Beobachtungen an kleineren Instrumenten ganz zurückgedrängt werden.«

»Angeregt durch die Untersuchungen Campbell's habe ich bei der letztjährigen Marsopposition meine Beobachtungen wiederholt, leider aber wegen Ungunst der Witterung nur einmal, am 15. November 1894, Beobachtungen über die fraglichen Absorptionslinien im Marsspektrum anstellen können, und zwar mit dem Spektrographen IV, welcher auch zu direkten Okularbeobachtungen sich verwenden lässt, in Verbindung mit dem 13-zölligen photographischen Refraktor, der in bezug auf Lichtstärke infolge des Verhältnisses Öffnung zu Brennweite = 1 : 10 für Planetenbeobachtungen den Lickrefraktor erheblich übertrifft. Der Luftzustand war ein ausserordentlich günstiger. Der Planet stand 43° über dem Horizonte, der Mond 25°. Es wurde beobachtet:

Gruppe δ sehr deutlich im Marsspektrum, schwach im Mondspektrum,
» α auffallend im Marsspektrum, schwer zu sehen im Mondspektrum,
» λ 594.5 $\mu\mu$ } sehr deutlich im Marsspektrum, ebenso gut sichtbar
» λ 592.0 $\mu\mu$ } im Mondspektrum.

Bei schwacher Zerstreuung fällt im Spektrum unserer Atmosphäre eine schmale helle Stelle, etwas brechbarer als D, auf, die fast den Eindruck einer hellen Linie macht, aber hervorgebracht wird durch einen Mangel an den feinen Absorptionslinien, die in der Nähe der D-Linien auftreten. Dieser Streifen war im Marsspektrum sehr gut, im Mondspektrum aber kaum zu sehen. Somit kann ich in dieser Beobachtung nur eine Bestätigung meiner früheren Wahrnehmungen erblicken. Am 12. Dezember 1894, ebenfalls bei vorzüglich guter Luft, haben Scheiner und Wilsing mit denselben Instrumenten die Beobachtungen wiederholt, und auch sie gewannen die Überzeugung, dass die tellurischen Linien im Marsspektrum deutlicher hervortraten als im Spektrum des etwas tiefer stehenden Mondes.«

»Aus der Abhandlung Campbell's geht hervor, mit welcher Umsicht seine Beobachtungen angestellt worden sind; er betont mit

Recht, wie wichtig es sei, das Mondspektrum in derselben Breite erscheinen zu lassen wie das Marsspektrum. Ich bemerke beiläufig, dass auch ich alle erdenklichen Vorsichtsmassregeln bei meinen früheren Beobachtungen angewandt habe, dass ich nicht nur das Mondspektrum und die Spektra von Sternen der ersten Spektralklasse, in welchen ich die tellurischen Linien beobachten wollte, möglichst auf gleiche Breite mit dem Planetenspektrum gebracht habe, sondern beim Monde auch noch möglichst gleiche Lichtstärke mit dem Marsspektrum herzustellen versuchte. Nur in einem Punkte stimme ich nicht mit Campbell überein, nämlich darin, dass die Bereicherung unserer Kenntnis über das Spektrum unserer eigenen Atmosphäre durch die Untersuchung Thollon's im vorliegenden Falle von Bedeutung sei. Schon vor 20 Jahren waren die Absorptionslinien unserer Atmosphäre sehr genau bekannt und jedenfalls ausreichend für den vorliegenden Fall, wo es zunächst nicht darauf ankommt, die verwaschenen Bänder in Linien aufzulösen und einzelne schwache Liniensysteme zu erkennen, vielmehr darauf, aus dem Totaleindrucke, den die Absorptionsbänder machen, Schlüsse zu ziehen. Ich glaube nun, in dem Bestreben, möglichst ins Detail zu gehen, hat Campbell bei seinen Untersuchungen immer noch zu starke Zerstreuungen angewandt, und es ist ihm dabei Detail anderer Art, auf welches es ganz besonders bei der Entscheidung der Frage, ob ein Unterschied zwischen Mars- und Mondspektrum existiere, ankommt, entgangen. Campbell legt noch besonderes Gewicht auf die Beobachtung, dass am Rande des Mars die Absorptionslinien im Spektrum nicht stärker hervorgetreten seien. Auch mir ist es weder früher, noch jetzt gelungen, einen Zuwachs der Intensität dieser Linien mit Bestimmtheit konstatieren zu können; ich halte dies aber für sehr erklärlich, da der Übergang ein ganz allmählicher ist, und schliesslich doch nur am äussersten Rande des Planeten merkbare Unterschiede zu erwarten wären, und zwar in einem so schmalen Streifen, dass sich feines Detail nicht mehr erkennen lässt.

Von Huggins erhielt ich folgende Nachrichten über seine im Jahre 1894 im Vereine mit Mrs. Huggins angestellten Beobachtungen über die Absorptionsbänder im Marsspektrum. Am 8., 10. und 15. November haben Mr. und Mrs. Huggins das Spektrum des Mars mit dem des Mondes verglichen und am 15., 18. und 20. Dezember Beobachtungen des Marsspektrums angestellt, als der Planet nahe im Meridiane stand. Bei den Vergleichungen mit dem Mondspektrum wurde darauf geachtet, die in bezug auf Intensität und Breite so verschiedenen Spektra unter möglichst gleichen Verhältnissen zu beobachten.

An den drei genannten Beobachtungstagen war die Intensität der atmosphärischen Bänder in der Nähe der D-Linien, auf welche das Augenmerk fast ausschliesslich gerichtet wurde, im Mondspektrum sehr erheblichen Änderungen unterworfen; doch schätzten die Beobachter unabhängig und stets übereinstimmend die Liniengruppen,

auf welchen die Schätzungen hauptsächlich basiert waren — ein schmales Band bei λ 593 $\mu\mu$ und ein breiteres bei λ 592 $\mu\mu$ —, im Marsspektrum immer stärker; desgleichen erschien bei oft wiederholten Beobachtungen die breite atmosphärische Gruppe, welche die D-Linien einschliesst — λ 588.7 $\mu\mu$ bis λ 590.3 $\mu\mu$ —, deutlicher im Marsspektrum, obgleich der Mond zur Zeit eine geringere Höhe hatte.

Die Beobachter wollen ein definitives Urteil darüber, ob es im Marsspektrum Absorptionsbänder giebt, die nicht solchen unserer Atmosphäre entsprechen, einstweilen noch zurückhalten, glauben aber schon jetzt mitteilen zu können, dass sie nur geringen Zweifel hegen an der Existenz eines von D aus mehr nach Blau zu gelegenen Absorptionsbandes, welches, nach der brechbareren Seite an Intensität abnehmend, sich von λ 586 $\mu\mu$ bis λ 584 $\mu\mu$ erstreckt und bisher nicht als tellurische Liniengruppe bekannt ist. Die in dieser Gegend des Sonnenspektrums befindlichen Linien haben die Entscheidung wohl etwas erschwert, aber eine Irreführung durch dieselben scheint ausgeschlossen. Die Sichtbarkeit dieses Bandes ist Veränderungen unterworfen, die nach der Ansicht der Beobachter möglicherweise von dem Zustande der Atmosphäre des Planeten abhängen.

Ich glaube, dass noch weitere Beobachtungen auch von anderer Seite abgewartet werden müssen, um die Frage zum definitiven Abschlusse zu bringen, möchte jedoch nicht unerwähnt lassen, dass eine Marsatmosphäre sich auch bei den photometrischen Beobachtungen von Prof. Müller deutlich zu erkennen gegeben hat, entgegen der früheren Ansicht, die auf wenigen Beobachtungen Zöllner's basierte, dass die Atmosphäre des Mars ganz ausserordentlich dünn sein müsse, indem sich Mars, in verschiedenen Phasen beobachtet, ähnlich wie unser Mond verhalte. Die Müller'schen Beobachtungen zeigen, dass Mars in seinem photometrischen Verhalten ein Zwischenglied zwischen Merkur und Mond einerseits und Jupiter und Venus anderseits bildet, und dass seine Atmosphäre in bezug auf Dichtigkeit wohl am ersten mit der unserer Erde zu vergleichen ist. Hiernach wäre es wohl kaum zu erwarten, dass sich spektroskopisch gar keine Anzeichen einer Gashülle erkennen lassen sollten.«

Das Spektrum des Jupiter wurde zu Potsdam am 22. Oktober 1881 photographiert. »Es erstreckt sich von λ 487 $\mu\mu$ bis λ 380 $\mu\mu$; in demselben sind nur 15 Fraunhofer'sche Linien mit Sicherheit wahrzunehmen, da der Spalt ziemlich weit geöffnet war. Keinerlei Abweichungen vom Sonnenspektrum sind zu erkennen. Eine Aufnahme vom 24. Oktober desselben Jahres mit Spektrograph II ist vorzüglich gelungen. Das Spektrum ist von F bis H zu verfolgen. Es ist von F bis λ 446 $\mu\mu$ sehr schwach, und nur wenige Linien sind in diesem Teile des Spektrums sichtbar; ähnlich verhält es sich mit dem violetten Ende, welches von λ 405 $\mu\mu$ bis H recht matt ist. Der übrige Teil des Spektrums ist aber sehr linienreich; es konnten über 100 Linien des Jupiterspektrums mit Linien des Sonnenspektrums identifiziert werden.

»Während bei den eben erwähnten Aufnahmen der Spalt des Spektrographen parallel zur Richtung der täglichen Bewegung stand, demnach auch nahezu parallel der Richtung der Streifen, ist bei vier Aufnahmen vom 1. November 1894, die mit dem Apparate IV aufgenommen worden sind, der Spalt senkrecht zur Richtung der Streifen gestellt worden, um etwaige Verschiedenheiten in der Intensität des Spektrums der auffällig rot gefärbten Äquatorialstreifen im Vergleiche zu dem übrigen Teile der Scheibe aufzufinden. Von den vorzüglich gelungenen Aufnahmen zeigt die eine, bei 2^m Exposition hergestellt, etwa 70 Linien, die mit dem Sonnenspektrum übereinstimmen; die drei anderen Platten (zwei mit je 3^m, eine mit 4^m Exposition) lassen 66 Linien in den Spektren erkennen. Die beiden Äquatorialstreifen markieren sich sehr deutlich; sie erscheinen im Negative als helle Streifen, welche der Länge nach das Spektrum durchsetzen. Die Helligkeit dieser Streifen nimmt deutlich nach Violett hin zu; in der Gegend zwischen F und G ist dagegen der Kontrast zwischen dem Spektrum der Äquatorialstreifen und dem Spektrum der nebenliegenden Teile der Planetenscheibe nur gering. Irgend eine andere Verschiedenheit, als die der stärkeren allgemeinen Absorption ist im Spektrum der Äquatorialstreifen nicht zu erkennen.

Von Huggins liegen zwei Spektrogramme des Jupiter aus dem Jahre 1878 mit dem Spektrum des Himmelsgrundes zu beiden Seiten des Planetenspektrums vor; ersteres erstreckt sich auf der einen Aufnahme nur wenig über K ins Ultraviolett hinaus, während das Planetenspektrum bis λ 333 $\mu\mu$ noch kräftig ist und sich bis λ 326 $\mu\mu$ verfolgen lässt. Das schwache Vergleichsspektrum gestattet nur einen Vergleich der Hauptlinien des Planetenspektrums mit dem Sonnenspektrum; der Vergleich nach dem Atlasse ergab die vollste Übereinstimmung von 57 Linien des ersteren mit Fraunhofer'schen Linien.

Die zweite Aufnahme ist weniger gut; es sind nur 15 bis 20 Linien mit Bestimmtheit zu erkennen, die mit Linien des Himmelsgrundes vollkommen übereinstimmen.«

»Eine merkwürdige Beobachtung über das Jupiterspektrum«, fährt Prof. Vogel fort, »liegt von Henry Draper vor. Am 27. September 1879 hatte Draper ein Spektrum des Jupiter bei zur Richtung der Äquatorialstreifen senkrechter Stellung des Spaltes aufgenommen, und es zeigte sich, dass ein schmales Band das Spektrum nahe der Mitte desselben durchzog. Die Helligkeit dieses Bandes war ungleich; es war von h bis über H hinaus sehr viel heller (im Negative) als das Spektrum der nebenliegenden Teile der Planetenscheibe, wurde von h nach dem Rot zu immer weniger hell und war in der Gegend zwischen G und F sogar dunkler als die Umgebung. Der Abbildung nach war die Zunahme der Helligkeit bei h sehr schroff, und die Dunkelheit bei F am grössten. Draper hält zunächst den Streifen, der das Spektrum durchsetzt, für von den Äquatorialstreifen des Jupiter herrührend und kommt zu dem Schlusse, dass eine leuchtende Materie vorhanden sein müsse, welche Licht in der Äquatorialzone des

Jupiter aussendet. Die Temperatur derselben sei nicht ausreichend, um Strahlen höherer Brechbarkeit zu emittieren, wohl aber sende sie Strahlen geringerer Brechbarkeit aus, die der Absorption, welche die Sonnenstrahlen in der Äquatorialgegend des Jupiter erleiden, im weniger brechbaren Teile des Spektrums entgegenwirken. Erst später auf das eigentümliche Spektrum aufmerksam geworden, hat Draper nachträglich ermittelt, dass zur Zeit der Aufnahme der damals vorhandene vielbesprochene rote Fleck auf der südlichen Hemisphäre des Jupiter auf der Mitte der Scheibe gewesen ist, und diesem schiebt er nun das eigentümliche Spektrum zu.

»Es liegt nun eine am 26. September 1879 auf der Sternwarte Dun Echt von R. Copeland und J. G. Lohse angestellte Beobachtung vor, die zu einer Zeit ausgeführt ist, wo ebenfalls der rote Fleck auf der Mitte der Jupiterscheibe war. Auch diese Beobachter hatten den Spalt senkrecht zur Richtung der Streifen gestellt, um das Spektrum der letzteren zu untersuchen. Sie fanden dasselbe genau meinen früheren Beobachtungen über die Streifen entsprechend; es zeigte sich als dunkles Band vom äussersten Rot bis λ 453 $\mu\mu$, am dunkelsten in der Nähe von F. Als die Beobachter, nachdem sie inzwischen das Spektrum der Satelliten beobachtet hatten, wieder verschiedene Teile der Jupiterscheibe untersuchten, fanden sie, dass der rote Fleck auf der südlichen Halbkugel, der sich gerade auf der Mitte der Scheibe befand, eine ähnliche Verdunkelung des Spektrums hervorbrachte, wie die Äquatorialstreifen.

Diese Beobachtung lässt sich nun nicht gut in Einklang bringen mit dem, was die Draper'sche Platte zeigt. Es kann unmöglich das Spektrum des Fleckes zwischen G und F heller sein als die Umgebung (im Negative dunkler), wenn im sichtbaren Teile des Spektrums der Einfluss des Fleckes ein derartiger ist, dass derselbe vom »äussersten Rot« an dunkler als die Umgebung ist. Man könnte daher nur annehmen, dass thatsächlich am folgenden Tage eine ganz besondere Eruption aus dem Inneren des Planeten stattgefunden habe, und der Fleck bei direkter Betrachtung nicht dunkler, wie gewöhnlich, sondern heller als die übrigen Teile der Scheibe gewesen sei. Dagegen spricht aber eine in Potsdam von Dr. O. Lohse ausgeführte Beobachtung, nach welcher der Fleck am 27. September 1879 wohl sehr intensiv rot gefärbt, aber sonst nicht abweichend von anderen Tagen erschienen ist.

Es bleibt daher wohl nur die Annahme, in der man noch sehr beim Anblicke der Abbildung bestärkt wird, übrig, dass ein Fehler in der photographischen Schicht die Ursache der eigentümlichen Erscheinung gewesen sei.

Über das Spektrum des roten Fleckes, der in den Jahren 1880 bis 1883 ein sehr auffallendes, das allseitige Interesse erregendes Objekt war, habe ich wiederholt Beobachtungen angestellt, jedoch nie die geringsten Abweichungen vom Spektrum der Äquatorialstreifen des Jupiter finden können.

»Über die Satelliten des Jupiter, deren Spektra ich früher untersucht hatte, ist aus neuerer Zeit nur eine Beobachtung von Kopeland und Lohse in Dun Echt anzuführen. Die Beobachter konnten in dem kontinuierlichen Spektrum keine Linien erkennen. Die Bemerkung, dass sich im Spektrum des dritten Mondes bei starker Verbreiterung des Spektrums mit Cylinderlinse zeitweilig ein dunkler Längsstreifen gebildet habe, als ob der Mond einen Äquatorialstreifen hätte, will ich nur der Vollständigkeit wegen hier anführen. Wert dürfte der Wahrnehmung nicht beizulegen sein, da bei Anwendung einer Cylinderlinse ein etwa vorhandener Äquatorialstreifen überhaupt nicht sichtbar werden kann. Ähnliche Erscheinungen, wie die beobachtete, kommen auch bei stark verbreiterten Fixsternspektren vor.

Ich habe auf Grund meiner früheren Beobachtungen die Vermutung ausgesprochen, dass in den Spektren der Monde die für das Jupiterspektrum so charakteristischen Linien im Rot vorhanden wären, was dafür sprechen würde, dass die Monde mit ähnlichen Atmosphären umgeben seien, wie der Hauptkörper. Bisher scheinen aber von anderer Seite Beobachtungen hierüber nicht gemacht worden zu sein, die doch mit grossen Instrumenten mit Aussicht auf Erfolg ausgeführt werden könnten.

Photogramme von den Satelliten sind in Potsdam angefertigt worden. Wilsing hat am 25. und 26. November 1892 spektrographische Aufnahmen vom III. Satelliten gemacht. Die Expositionszeiten betrugen 20^m und 30^m. Auf der ersten Aufnahme reicht das Spektrum von λ 487 $\mu\mu$ bis λ 370 $\mu\mu$; es ist sehr kräftig, in der Gegend bei G sogar etwas überexponiert und zeigt 40 Fraunhofer'sche Linien. Die zweite Aufnahme lässt 44 Linien erkennen. Am 14. Januar ausgeführte Aufnahmen der Satelliten I, II und IV zeigen gleichfalls einige Fraunhofer'sche Linien.«

Vom Saturn liegt nur ein in Potsdam angefertigtes Spektrogramm vom 17. März 1892 vor. »Bei 15^m Exposition ist ein kräftiges Spektrum entstanden, welches sich von F bis Hζ erstreckt, und in dem etwa 30 Fraunhofer'sche Linien sichtbar sind. Der Spalt ist etwas weit gewesen, und infolge dessen fliessen die feinen Linien zu Gruppen zusammen. Linienarme schmale Streifen im Spektrum bei Hγ und bei G und auch an einigen anderen Stellen des Spektrums erscheinen auffallend hell und machen auf den ersten Blick den Eindruck von hellen Linien; ein am 5. März 1892 bei derselben Spaltstellung aufgenommenes Mondspektrum zeigt aber ganz dieselbe Erscheinung, Abweichungen vom Sonnenspektrum sind nicht zu bemerken.

Von Huggins sind zwei Aufnahmen aus dem Jahre 1887 vorhanden. Die eine vom 23. März, Expositionszeit 1^h, ist dadurch merkwürdig, dass das Spektrum auffallend weit ins Ultraviolett — bis λ 315 $\mu\mu$ — zu verfolgen ist. Der Spalt ist weit gewesen, und deshalb sind nur zwölf Linien mit Sicherheit zu erkennen. Eine

weniger gute Aufnahme vom 19. März, etwa 20^m Expositionszeit, zeigt nur die Linien $H\gamma$, G, H, K und zwei Liniengruppen im Ultraviolett. Aus dem Jahre 1889 liegen von Mr. und Mrs. Huggins sechs Aufnahmen vor, die noch besonderes Interesse dadurch bieten, dass der Spalt so gestellt worden war, dass neben dem Spektrum der Saturnkugel auch das Spektrum der Ansen der Ringe erscheint. Nicht der geringste Unterschied ist zwischen dem Planetenspektrum und dem Spektrum der Ringstücke, die besonders auf drei Platten deutlich getrennt erscheinen, zu erkennen.

Von diesen sechs Aufnahmen sind drei wenig detailreich, und nur die Hauptlinien sind im Planetenspektrum, sowie in dem gleichzeitig mit erscheinenden Spektrum des hellen Himmelsgrundes zu erkennen. Eine 4. Aufnahme, ohne Vergleichsspektrum, zeigt im Ultraviolett zwischen H und λ 344 $\mu\mu$ 22 Linien. Das Spektrum lässt sich noch bis λ 330 $\mu\mu$ verfolgen; im ganzen sind in demselben über 30 Fraunhofer'sche Linien zu erkennen. Bei $H\gamma$ und vor H zeigen sich dunkle Streifen im Negative, die wie von hellen Linien herrührend aussehen, ähnlich wie auf dem Potsdamer Spektrogramme. Auf der 5. Aufnahme fehlen diese dunklen Linien, der Spalt ist entschieden enger gewesen; das Spektrum erstreckt sich nur wenig ins Ultraviolett. Im ganzen sind 20 Linien im Planetenspektrum sichtbar; die Übereinstimmung mit dem Sonnenspektrum ist vollkommen.«

Lockyer hatte in einer Note vom 17. Februar 1889 [1]) darauf aufmerksam gemacht, dass es bei der mehr und mehr sich befestigenden Hypothese, die Ringe Saturns seien aus meteorartig kleinen Körperchen zusammengesetzt, von Interesse wäre, das Spektrum der Ringe zu untersuchen. Falls nämlich Zusammenstösse dieser kleinen Körperchen unter Gas- und Lichtentwickelung stattfänden, könnte möglicherweise dadurch das Spektrum modifiziert werden. Er wurde durch den Anblick der Photographien des Saturn von den Gebrüdern Henry, auf welchen die Ringe noch viel heller als die Planetenscheibe erschienen, wie das bei direkten Beobachtungen der Fall ist, zu dieser Vermutung geführt.

»Aus den Huggins'schen Aufnahmen geht mit Bestimmtheit hervor, dass ein Unterschied zwischen dem Spektrum des Planeten und dem der Ringe in dem brechbäreren Teile des Spektrums nicht stattfindet, und auch für den sichtbaren Teil des Spektrums ist dies durch Keeler nachgewiesen worden, der, durch die Notiz Lockyer's veranlasst, das Spektrum des Saturn und seiner Ringe auf dem Lick-Observatorium untersucht hat.

Bei der Untersuchung des Spektrums der Ringe konnte Keeler meine früheren Beobachtungen, die wegen der Kleinheit des Brennpunktbildes vom Saturn im Bothkamper Refraktor grosse Schwierig-

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 2881.

keit boten, bestätigen, indem er fand, dass im Spektrum der Ringe das für das Spektrum des Saturn so charakteristische Absorptionsband λ 618 $\mu\mu$ fehlt.

Die grössere Helligkeit der Ringe im Vergleiche zum Planeten überhaupt und insbesondere für die chemisch wirksamsten Strahlen erklärt sich aus dem Mangel einer Atmosphäre der Ringe, während die Atmosphäre des Planeten selbst ausserordentlich stark ist, ganz ungezwungen.«

Uranus. »Nach einigen vergeblichen Versuchen gelang es am 23. April 1892 Frost, mit Apparat III bei einer Exposition von $1^h\ 20^m$ eine gute Aufnahme des Uranusspektrums zu erhalten. Das Spektrum hat seine grösste Intensität zwischen F und G, da wegen des tiefen Standes des Planeten die violetten und ultravioletten Teile sehr geschwächt wurden. Es lässt sich noch bis zu der Linie H verfolgen, K ist nicht mehr mit Sicherheit zu erkennen.

Von Mr. und Mrs. Huggins ist eine wohlgelungene Aufnahme (2^m Exposition) des Uranusspektrums vom 3. Juni 1889 vorhanden, auf welcher das Spektrum des Planeten weiter ins Ultraviolett zu verfolgen ist, als auf dem Potsdamer Photogramme. Das Maximum der Intensität des Spektrums liegt bei dieser Aufnahme bei G. Zu beiden Seiten des Spektrums befindet sich ein sehr schönes detailreiches Tageslichtspektrum, welches erst am nächsten Morgen, bei Anwendung eines erheblich engeren Spalts, aufgenommen wurde. Es lässt daher zwar keinen direkten Vergleich mit dem Planetenspektrum zu, bietet aber doch sehr erwünschte Anhaltspunkte.

Die beiden in Potsdam und in London gefertigten Aufnahmen, die sich in vorzüglicher Weise ergänzen, liefern den Beweis, dass weder Absorptionsbänder, noch helle Linien in dem brechbareren Teile des Uranusspektrums auftreten, wohl aber zahlreiche Fraunhofer'sche Linien, und dass somit die Behauptung Lockyer's, das Uranusspektrum sei als ein Emissionsspektrum anzusehen, gänzlich hinfällig ist.«

»Die sorgfältige Untersuchung über den sichtbaren Teil des Uranusspektrums, die Keeler mit dem 36zolligen Refraktor der Lick-Sternwarte gemacht hat, ist in vollkommenem Einklange mit diesem Ergebnisse. Er erwähnt ausdrücklich, dass die Helligkeit gewisser Stellen des Spektrums in Gelb und Grün bei Anwendung schwacher Dispersion den Eindruck des Selbstleuchtens gemacht habe, als er das Uranusspektrum zum ersten Male beobachtete; fortgesetzte Untersuchungen mit verschiedenen Spektroskopen hätten ihn aber überzeugt, dass dieser erste Eindruck illusorisch und nur durch den Kontrast der hellen Stellen des kontinuierlichen Spektrums zu den dunklen Absorptionsbändern hervorgebracht sei.

Es ist Keeler gelungen, selbst die kontinuierlichen Spektra der beiden äusseren Satelliten des Uranus zu sehen.«

Der Mond.

Eine neue Bestimmung des Mondhalbmessers aus acht in den Jahren 1840 bis 1876 beobachteten Bedeckungen der Plejadensterne hat J. Peters ausgeführt[1]. Prof. Küstner hat bereits früher neun Plejadenbedeckungen aus demselben Zeitraume zur Bestimmung des Monddurchmessers verwertet. Das nach Ausschluss dieser schon berechneten Bedeckungen verbleibende Material war zu dem erwähnten Zwecke zwar minderwertig, weil in den meisten Fällen nur Beobachtungen von einem Mondrande, also nur Eintritte oder Austritte vorlagen, doch war die Berechnung auch deswegen lohnend, weil sich gute Mondpositionen daraus ableiten liessen. Peters hat den von ihm für den Mondradius erhaltenen Wert mit Rücksicht auf das Gewicht der Bestimmungen mit dem von Küstner erhaltenen kombiniert und giebt schliesslich folgende als die besten vorliegenden Bestimmungen des Mondradius r aus Sternbedeckungen:

r = 15′ 32.30″ (aus 542 Plejadenbedeckungen vorwiegend vom dunklen Rande während 14 Durchgängen berechnet von Küstner und Peters).

r = 15′ 32.84″ (aus 468 Plejadenbedeckungen von beiden Rändern bei sieben Durchgängen, berechnet von Küstner).

r = 15′ 32.65″ (aus 488 Sternbedeckungen während zweier totalen Mondfinsternisse, berechnet von Struve).

r = 15′ 32.58″ (aus 213 Sternbedeckungen zumeist vom dunklen Rande, berechnet von Battermann).

Im Mittel aus diesen vier Bestimmungen leitet Peters den Wert des Mondradius zu 15′ 32.59″ ab. Hiermit und mit der mittleren Hansen'schen Mondparallaxe (57′ 2.27″) ergiebt sich der lineare Mondradius in Teilen des Äquatorialhalbmessers der Erde zu 0.272518.

Dieser speziell aus Sternbedeckungen folgende Wert stimmt mit dem schon sehr lange verwendeten Werte von 0.272 50, innerhalb der noch verbleibenden Unsicherheit, die auf ± 0.000 03 zu veranschlagen ist, vollständig überein.

Beobachtungen der Mondoberfläche von Edward C. Pickering. Derselbe hat zu Arequipa und auf Mount Wilson Okularbeobachtungen und photographische Aufnahmen der Mondoberfläche angestellt und diese nunmehr veröffentlicht[2].

Er bemerkt zunächst, dass die Behauptung, die Schatten auf dem Monde seien absolut schwarz, indem keinerlei Licht in denselben bemerkt werde, nicht richtig ist. In Arequipa war (an einem

[1] Astron. Nachr. Nr. 3296 und 3297.

[2] Annales of the Observ. of the Harvard College **32**. Part. I. Cambridge 1895.

13zolligen Refraktor), sobald der erleuchtete Teil des Mondes hinreichend schmal war, so dass das Auge nicht dadurch geblendet wurde, stets etwas Helligkeit innerhalb der schwarzen Schatten auf dem Monde wahrnehmbar. Diese Helligkeit war sogar hinreichend, um einzelne Details innerhalb der Krater, besonders derjenigen mit Zentralbergen zu zeigen, lange bevor sie vom ersten Strahle des Sonnenlichtes erreicht wurden. Bei einigen Kratern ist die Erscheinung deutlicher als bei anderen. So war am 20. März 1893 das Innere des Stevinus mit seinem Zentralberge, obgleich es noch im Schatten des Walles lag, deutlich zu erkennen, während das Innere des Snellius in dem nämlichen Abstande von der Lichtgrenze völlig schwarz erschien. Die nämliche Wahrnehmung war bei der vorhergehenden Lunation gemacht worden. Die Erscheinung wird von Prof. Pickering natürlich nicht einer Mondatmosphäre zugeschrieben, sondern dem Lichtreflexe der benachbarten, von der Sonne bereits erleuchteten Bergwände. Übrigens ist diese Wahrnehmung nicht neu. Schmidt hat etwas Ähnliches am 8. April 1856 beim Krater Boussingault gesehen und umständlich erörtert. Gruithuisen sah am 18. Oktober 1824 bei abnehmendem Monde in dem beschatteten Teile des Inneren vom Aristarch einen noch schwärzeren Punkt. Hierin gehört wohl auch die seltsame Wahrnehmung, die Dr. Klein am 9. November 1883 am Krater Birt (Thebit B) machte. Die Lichtgrenze des zunehmenden Mondes lag zwischen Stadius und Kopernikus und über Pitatus, die angewandte Vergrösserung war die 300-fache eines sechszolligen Refraktors. Das Innere von Birt war fast vollständig von tief schwarzen Schatten erfüllt, der Ostwall warf dagegen nach aussen einen grauen Halbschatten, und in diesem letzteren sah er mit vollkommener Deutlichkeit den schwarzen Schatten der grossen von Norden kommenden Rille, konnte jedoch von der südlichen Fortsetzung der letzteren, über den Schatten hinaus, nichts wahrnehmen.

Was die von Schroeter an den Hörnern der sehr schmalen Mondsichel wahrgenommene Dämmerung anbelangt, so hat Pickering niemals etwas davon wahrgenommen, weil sie — wie er bemerkt — von dem hellen Erdlichte im Monde überdeckt wird. Dagegen behauptet er, dass, wenn der Mond nahezu 90° von der Sonne entfernt steht, der Dämmerungssaum fast immer gesehen werden könne als schwacher Schein in der Verlängerung der Hörner, indem dort der dunkle Mondrand entschieden heller sei als in den anderen nur vom Erdlicht beschienenen Teilen. Der Dämmerungssaum erstrecke sich in einer Ausdehnung von 60″, man müsse aber mit starken Vergrösserungen (etwa 400-fach) danach suchen. Diese Wahrnehmung soll nach Pickering eine Dichtigkeit der Mondluft anzeigen, vergleichbar der Dichte unserer Erdatmosphäre in 40 engl. Meilen Höhe.

Die sogenannten Maren scheinen Pickering keineswegs die ausgetrockneten Betten ehemaliger Mondmeere zu sein, sie haben nach seiner Meinung niemals einen wesentlich anderen Anblick

dargeboten als heute. Auch scheint es ihm nicht wahrscheinlich, dass der Mond jemals animalisches oder vegetabilisches Leben ähnlich unserer Erde beherbergt hat, seine Oberfläche sei vielmehr seit den frühesten Zeiten eine verhältnismässig trockene und unfruchtbare Wüste gewesen. Zu diesen Schlüssen gelangt er teils durch theoretische Betrachtungen, teils durch seine Beobachtungen. Aus verschiedenen Gründen sei es unwahrscheinlich, dass der Mond jemals eine sehr dichte Atmosphäre besessen habe, denn wenn er sie wirklich ursprünglich besass, so konnte er sie nicht behalten; daraus aber folge weiter, dass unmöglich grosse freie Wasserflächen an seiner Oberfläche sich erhalten konnten infolge der ausserordentlichen Verdampfung bei gewöhnlichen Temperaturen. Vergebens hat sich auch Pickering in den Maren des Mondes nach den Wirkungen vormaliger Wassermassen umgesehen. Andeutungen davon bei schwachen Vergrösserungen zeigten sich an starken Vergrösserungen weit ähnlicher den Wirkungen der Hitze und des Schmelzflusses. Nichtsdestoweniger glaubt Pickering doch, dass voreinst Wasser, wenn auch in relativ geringen Mengen auf dem Monde vorhanden war, und selbst, dass es heute noch nicht völlig von dort verschwunden ist. Um die frühere Anwesenheit verhältnismässig geringer Wassermassen auf dem Monde nachzuweisen, glaubt Pickering sich an die Prüfung des feinen Oberflächendetails halten zu müssen und hat unter diesem Gesichtspunkte die grösseren Rillen untersucht. Bekanntlich zeigen sich diese als tiefe Risse im Mondboden, die in ihren Krümmungen häufig dem Zuge der Bodenerhöhungen, dem Rande eines Mares oder Kraters folgen. Bisweilen erscheinen auch mehrere Krater längs dem Zuge einer Rille angeordnet. Gewöhnlich treten solche Rillen in den Maren und im Inneren von dunklen Kratern auf und scheinen durch Kontraktion oder Absinken des Bodens entstanden zu sein. Das bemerkenswerteste Beispiel dieser Art ist die grosse Hyginusrille, während das Thal der Alpen kaum zu den Rillen gerechnet werden kann. Doch erstreckt sich längs seines Bodens eine von Prof. Pickering entdeckte äusserst feine Rille. Es giebt aber eine ganz andere Klasse von Rillen, welche wegen ihrer äusseren Ähnlichkeit mit irdischen Wasserläufen nach Prof. Pickering's Meinung wohl als Flussbetten bezeichnet werden dürfen. Diese kleinen Rillen sind äusserst schwach und schmal an dem einen Ende, breiter dagegen am anderen und endigen hier stets in birnförmigen Kratern. Dabei ist ihr Lauf meist geschlängelt, aber als Abweichung von irdischen Flüssen ist zu bemerken, dass die Mündung meist höher liegt als der Ursprung oder Anfang der Rille. Denkt man sich daher die Rille als durch die Wirkung von Wasser entstanden, so muss man annehmen, dass der See in den Fluss, nicht umgekehrt der Fluss in den See (oder Krater) floss. Überraschend wäre nur, dass die Ausflussöffnung stets so sehr breit ist, allein man muss bedenken, dass Rillen von schmalem Ursprunge nicht gesehen werden können, sondern nur die breiteren, und dass

auch wahrscheinlich nicht alle zu gleicher Zeit Wasser führten. Da die grossartigste vulkanische Thätigkeit auf dem Monde stattgefunden hat, so ist es nicht überraschend, wenn eine beträchtliche Wassermenge aus dem Inneren in Gestalt von Springquellen oder Geysiren ausgeworfen worden wäre. Als Beleg für ein solches Flussbett führt Pickering eine Rille an, welche südlich von dem Berge δ in den Apenninen herabkommt und in der Ebene längs des Mt. Hadley sich gegen Norden hinzieht und nach einigen Krümmungen an einem Hügel endigt, nachdem sie vorher von Osten eine andere gekrümmte Rille aufgenommen hat. Ihre Länge beträgt 65 engl. Meilen, ihre Breite am Ausgangspunkte etwa 2000 Fuss, später wird sie viel schmaler, wahrscheinlich unter 500 Fuss. Pickering zeichnete sie am 6. und 25. Februar und 5. und 27. März 1893. Schmidt hat einen Teil der Rille gesehen und in seine grosse Karte eingetragen.

Was die kleinen Rillen, die er Flussbetten nennt, anbelangt, so findet Pickering, dass dieselben eine ausgesprochene Tendenz zeigen, in Gruppen aufzutreten, so z. B. fünf nahe bei einander in den Harbinger Mountains und drei andere östlich davon. Im ganzen zählt er 35 hierher gehörige Formationen, darunter als augenfälligste eine im nördlichen Teile der inneren Fläche des Petavius. Einige schmale ähnliche Bildungen zeichnete Prof. Weinek in seiner Tuschierung der Lick-Photographie des Petavius, allein Pickering hat dieselben in Arequipa nicht am Fernrohre sehen können, was niemand überraschen wird, der die Sachlage bezüglich dieser Tuschierungsrillen, wie sie sich heute geklärt hat, kennt.

Ob diese kleinen Rillen wirklich Analoga unserer Flussbetten sind, dürfte doch sehr zweifelhaft sein, jedenfalls scheint die Benennung etwas verfrüht.

Prof. Pickering hat sich in zweiter Linie mit den kleinen dunklen Flecken beschäftigt, die sich an vielen Stellen der Mondoberfläche zeigen, besonders auch in einigen Ringgebirgen. Er bezeichnet mehrere als veränderlich, weil ihr Aussehen mit dem Sonnenstande wechselt. Am interessantesten findet er die Flecke in der Ringebene Alphonsus und Atlas. Die ersteren erscheinen seinen Beobachtungen zufolge am dunkelsten nach dem Vollmonde, wenn keine wahren Schatten vorhanden sind, dagegen werden sie bei niedriger Sonne unsichtbar, wenn die wahren Schatten am deutlichsten erscheinen. »Daher,« sagt Pickering, »ist es evident, dass hier eine wirkliche Veränderung der Natur der reflektierenden Oberfläche stattfindet. Wir kennen kein Gestein, welches stufenweise dunkler wird unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen und später, wenn das Sonnenlicht abnimmt, wieder heller erscheint.« Er meint, man könne zur Erklärung nur an Wasser denken, doch könnten die Flecke nicht etwa Teiche sein. Dies könne schon aus dem Grunde nicht der Fall sein, weil einer der Alphonsusflecke während einer gewissen Zeit die Abhänge eines kleinen Hügels in der Nähe des Kraterwalles bedecke, von einer freien Wasseroberfläche könne also

keine Rede sein, ebensowenig von dem Auftauen eines etwa gefrorenen Bodens. Die Hypothese einer Vegetation bedarf gründlicherer Unterlagen; Pflanzen können ohne Feuchtigkeit nicht bestehen, doch brauchte diese anderseits nicht in Gestalt von Teichen oder Flüssen aufzutreten.

Eine sorgfältige Untersuchung von acht der augenfälligsten variablen Flecke im Alphonsus hat Prof. Pickering überzeugt, dass mit Ausnahme des grössten, jeder derselben genau in seinem Zentrum einen kleinen Krater hat. Der grösste Fleck besitzt zwei grössere und fünf kleine Krater. Alle kleinen Flecke sind um ihre Krater völlig symmetrisch geordnet, und dies findet sich auch in anderen Teilen des Mondes, kann also nicht zufällig sein. Die nächste wichtige Thatsache ist nach Pickering, dass diese dunklen Flecke von der Mondphase (also von der Lage der Lichtgrenze) unabhängig sind. Diejenigen nahe dem Westrande erreichen ihre grösste Dunkelheit eben vor dem Vollmonde, diejenigen in den mittleren Teilen der Mondscheibe eben nach Vollmond, diejenigen endlich nahe dem Ostrande sind am dunkelsten um die Zeit des letzten Viertels. Pickering hat gefunden, dass die Flecke im Atlas, Alphonsus und Hansteen, stets am dunkelsten sind innerhalb weniger als 48 Stunden, nachdem die Sonne ihren Meridian passiert hat, aber nie früher. Diese Thatsache, sagt er, ist deshalb wichtig, weil sie zeigt, dass die Dunkelheit von der relativen Stellung der Sonne gegen den Fleck abhängt und unabhängig ist von der Position des Beobachters.

Die zweite wichtige Thatsache bezüglich der Flecke ist deren verschiedene Art. Es giebt hellgraue, dunkelgraue und schwarze Flecke, d. h. ihre Farbe entspricht diesen Farben im Maximum der Dunkelheit. Die hellgrauen Flecke erreichen ihren dunkelsten Ton bereits zwei oder drei Tage, nachdem sie vom Sonnenlichte getroffen worden. Bisweilen bleichen sie allmählich ab, wie dies z. B. mit einem Teile des grossen Fleckes im Alphonsus der Fall ist; meist aber behalten sie ihre Färbung sieben bis zehn Tage lang und werden erst kurz vor Sonnenuntergang schwächer. Die dunkelgrauen Farben erscheinen in höheren Breiten (z. B. im Ringgebirge Atlas) zuerst um den 5. Tag nach Sonnenaufgang und brauchen bisweilen noch fünf Tage mehr, um abzudunkeln und sich auszubreiten. Nach diesem beginnen sie abzubleichen. Die schwarzen Flecke erscheinen noch später — im Atlas am 6. Tage — und bleichen noch früher ab, vielleicht am 12. Tage. In niedrigeren Breiten (im Alphonsus und Riccioli) erscheinen die dunkeln Flecke früher und verschwinden später. Aber selbst die Flecke in einem und demselben Krater erscheinen nicht immer zur nämlichen Zeit und haben nicht immer dieselbe Dauer.

Bisweilen sind die Flecke scharf umgrenzt, so im Julius Caesar, aber andere zeigen sehr unbestimmte Grenzen, z. B. Alphonsus a, besonders dann, wenn sie ihre Grösse ändern. Häufig werden sie

von kleinen Rillen begrenzt, z. B. im Alphonsus und Atlas, doch zeigen diese Rillen keine Ähnlichkeit mit Flussbetten, obgleich solche in den beiden genannten Kratern auch gefunden werden. Mit Rücksicht auf die geringe Dichtigkeit der Mondatmosphäre scheint es unmöglich, dass irgend ein Flussbett auf dem Monde gegenwärtig noch Wasser enthalten könnte.

Die Verteilung der Flecke ist völlig unregelmässig, sie erscheinen gegen den Rand hin dichter, zum Teile wegen der schrägen Lage zur Gesichtslinie, dagegen finden sich keine in der Nähe der Pole. Der nördlichste bekannte veränderliche Fleck ist Endymion in 55° nördl. Br. nahe dem westlichen Rande; der südlichste ist Pontecoulant e in 60° südl. Br. und ebenfalls nahe dem westlichen Rande. Der südlichste Fleck nahe dem östlichen Rande ist Schickard in 47° südl. Br., der nördlichste Fleck am östlichen Rande Riccioli in 2° südl. Br. Veränderliche dunkle Flecke sind in allen Maren gefunden worden mit Ausnahme des Oceanus Procellarum. Sie liegen meist gegen die Ränder der Maren hin, im Mare Tranquillitatis und Mare Nectaris aber über die ganze innere Fläche zerstreut. Die Mare selbst sind in Dunkelheit verschieden; so ist das Mare Foecunditatis nach dem ersten Viertel heller als das Mare Crisium, dann dunkelt es rasch ab und bleibt dunkler als letzteres bis nach dem Vollmonde. Wenn der Sonnenuntergang naht, so wird es wieder heller als das Mare Crisium, bis es verschwindet. Mare Nectaris und Mare Vaporum verhalten sich in ähnlicher Weise im Vergleiche mit dem Mare Serenitatis. Wenn die mit veränderlichen Flecken bedeckten Regionen selbst dunkel sind, so ist es oft sehr schwer, deren Veränderlichkeit zu erkennen. Dies ist z. B. der Fall mit der inneren Fläche des Plato, welche vor Jahren einer Veränderlichkeit der Färbung verdächtig erschien. Kein sicherer Beweis einer Veränderlichkeit ist bis jetzt bei Billy, Zupus oder Crüger erkannt worden, welche sämtlich augenfällig dunkle Formationen sind, und obgleich wahrscheinlich in ihrer Nähe veränderliche Flecke existieren. Die veränderlichen Flecke bedecken innerhalb der Kraterebenen gewöhnlich nicht die ganze Fläche, sondern sind meist längs des Randes derselben zerstreut, ebenso auf den niedrigen Abhängen innerhalb des Walles, dagegen werden sie niemals auf den Gipfeln der Umwallung und nur selten, wenn überhaupt, auf den äusseren Abhängen derselben angetroffen. Fast immer sind die Flecke farblos. Die einzige deutliche Färbung, welche Pickering entdeckte, war beim Endymion, dessen Inneres, wenn es zuerst vom Sonnenlichte getroffen wird, eine ausgesprochen gelbe Farbe zeigt, ja alsdann der gelbste Fleck auf der ganzen Mondscheibe ist. Cleomedes ist viel weniger ausgesprochen gelb, und Furnerius zeigt möglicherweise nur Spuren einer solchen Färbung. Die gelbe Farbe des Endymion scheint bisweilen einen Anflug von Grün zu erhalten, doch war dies nicht klar zu erkennen. Am besten kommen die Färbungen an starker Vergrösserung

heraus. Die innere Fläche des Endymion ist eine sanfte Ebene, aber von zahllosen Rillen durchbrochen. Die dort erscheinenden Flecke nehmen die Form länglicher Streifen an, ebenso wie im Grimaldi.

Bezüglich der Flecke in Hansteen, Alphonsus und Atlas werden detaillierte Mitteilungen der Beobachtungen gegeben. Es ist sehr zu bedauern, dass Prof. W. Pickering von den früheren Beobachtungen der von ihm sogenannten veränderlichen Flecke keine Ahnung hat, er nicht weiss, dass schon Gruithuisen diesen Flecken seine Aufmerksamkeit zugewandt, und Dr. Klein seit Jahren sowohl in der »Wochenschrift für Astronomie« als im »Sirius« Beobachtungen darüber veröffentlicht hat. Besonders Alphonsus und in diesem vor allem der dreieckige Fleck ist seit länger als 15 Jahren von ihm anhaltend verfolgt worden. Auch hat er von diesem Flecke auf Grund seiner Beobachtungen eine Spezialkarte entworfen, die in verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriften, zuletzt auch in seinem Buche: »Führer am Sternenhimmel«, reproduziert ist. Diese Karte ist das Ergebnis zahlreicher Beobachtungen.

Prof. Prickering verbreitet sich auch über die photographischen Aufnahmen des Mondes und teilt Proben seiner eigenen Beobachtungen mit, von diesen haben indessen nur die Darstellung des Kopernikus und diejenige der Apenninen wirklichen Wert, die übrigen sind zu matt oder zu wenig detailreich.

Die ersten Mondphotographien auf der Harvard-Sternwarte auf Trockenplatten wurden 1886 erhalten, und gegenwärtig sind dort bereits so viele vorhanden, dass wohl kaum ein Teil der Mondoberfläche existiert, der nicht bei verschiedenen Beleuchtungszuständen und verschiedener Libration aufgenommen wäre. Die angewandte Methode besteht darin, das im Fokus des Fernrohres entstandene Bild zu vergrössern, ehe es auf die photographische Platte fällt. Wenn die Vergrösserung achtmal nicht übertrifft, so wurde stets ein zweizolliges positives Okular mit bestem Erfolge angewandt; zu stärkeren Vergrösserungen diente das Objektiv eines Mikroskops von $^1/_2$ Zoll Brennweite und grossem Gesichtsfelde. Für die Planeten Merkur, Mars, Jupiter und Saturn wurde eine Skala von 2″, für Uranus und Neptun von 5″, für den Mond von 10″ auf den *mm* angewandt. Da der Mond aktinisch soviel heller ist, so erscheint es zunächst befremdlich, dass bei ihm eine stärkere Vergrösserung nicht mit Vorteil anwendbar ist. Die Erklärung ist die, dass zwar die Scheibe des Vollmondes sehr hell ist, an der Lichtgrenze dagegen, d. h. in den Regionen, die man vorzugsweise scharf zu photographieren wünscht, die Helligkeit sehr erheblich vermindert ist. Dazu kommt seine rasche und ungleichförmige Bewegung. Gegenüber den in neuerer Zeit von verschiedener und zum Teile durchaus nicht genügend unterrichteter Seite aufgestellten Behauptungen, dass die Mondphotographien mehr Detail erkennen liessen, als die direkte Mondbeobachtung am Fernrohre, hebt Prof. Pickering ausdrücklich hervor, d a s s d i e b e s t e n M o n d p h o t o g r a p h i e n

nicht so viel Detail zeigen, als man mit einem sechszolligen und vielleicht selbst mit einem vierzolligen Refraktor direkt zu sehen im stande ist.

Jeder, der hinlänglich auf diesem Gebiete erfahren ist, kann schwerlich zu einem anderen Ergebnisse kommen. In bezug auf die allgemeinen Formen und das gröbere Detail, für zukünftige Vergleiche vom Aussehen desselben, ist dagegen die Photographie des Mondes ohne Rivalen, aber in bezug auf das, was thatsächlich am interessantesten beim Monde ist, das feinere, schwer wahrzunehmende Detail, giebt die Photographie nicht die leiseste Andeutung. Der Fall liegt hier durchaus nicht so wie beim Photographieren von Nebelflecken und feinen Sternen, wo das Auge seine Inferiorität lediglich dem Mangel an Licht verdankt. Beim Monde fehlt es durchaus nicht an Licht, und es vermag deshalb hier seine Überlegenheit in der Definition über die Photographie stets zu erweisen. Ungeachtet dessen ist eine weitere Vervollkommnung der heutigen Mondphotographie zu erwarten, welche letztere in Wirklichkeit nur wenig besseres liefert, als schon vor 30 Jahren erhalten wurde.

Die kleinsten auf den Mondphotographien noch erkennbaren Objekte. Die Frage nach der Grösse dieser Details ist in den letzten Jahren wiederholt ventiliert worden. Während auf der einen Seite behauptet wurde und noch wird, dass die Mondphotographien, sobald sie hinlänglich vergrössert würden, so feine Details zeigten, dass dieselben zum grossen Teile (vor allem gewisse Rillen) bis heute am Fernrohre direkt noch nicht gesehen worden seien, behaupten anderseits erfahrene Mondkenner und Astronomen, die auch gleichzeitig erfahrene Photographen sind, dass auf den vergrösserten Lick-Photographien bestenfalls nicht soviel Detail gesehen werden könne, als ein vier-, höchstens sechszölliger Refraktor direkt dem Auge zeigt. W. Prinz von der Brüsseler Sternwarte, der selbst die photographische Vergrösserung von Lick-Photographien in vorzüglicher Weise ausgeführt hat und offen erklärt, dass die von einzelnen betonten besonderen Schwierigkeiten solcher Vergrösserung gar nicht vorhanden, sondern nur erfunden sind, hat die Frage nach den Dimensionen des kleinsten auf solchen Photographien sichtbaren wirklichen Monddetails genau untersucht[1]).

Er macht zunächst darauf aufmerksam, dass ein Teil der wissenschaftlichen Presse mehr und mehr dem (amerikanischen) Journalismus verfalle, indem sie ohne Kontrolle und Kritik Sensationsnachrichten zu verbreiten liebe, die den nicht genügend mit der Sache bekannten Leser irre führen. Die wirklichen, gründlichen Arbeiten werden daneben kaum beachtet, vegetieren gewissermassen im Stillen fort, während die Bühne des Tages vom Lobgeschrei über unechte Leistungen widerhallt und zuletzt, wie durch Suggestion, selbst die Fachleute von diesem Lärme angesteckt werden.

---

[1]) Ciel et Terre 1894. 2. Nr. 19. p. 449 u. ff.

»Der Mond,« sagt Prinz, »ist einer derjenigen Himmelskörper, welcher am meisten von diesen Auswüchsen der Imagination der Erdbewohner zu leiden hat. Nach dem Glauben der Menge sind seine Lichtstrahlen im stande, Menschen, auf welche sie treffen, zu »Visionären« zu machen, es scheint aber, dass die lichtempfindliche Schicht der photographischen Platten einer ähnlichen Einwirkung unterliegt, wenn man von der ungeheuren Menge problematischer Details hört, welche einige auf den heutigen Mondphotographien erkannt haben wollen.« Um genau festzustellen, bis zu welchem Punkte diese Dokumente uns die Oberfläche des Mondes kennen lehren, hat deshalb Prinz die Untersuchung einer Anzahl der in seinem Besitze befindlichen Mondphotographien unternommen und sie in folgender Weise verglichen und gemessen.

Die Abzüge auf Papier wurden bei passender Beleuchtung mittels einer Lupe untersucht, welche gestattete, Ausdehnungen von 0.05 *mm* leicht zu sehen. Glasphotographien wurden im durchfallenden Lichte (transparent) gemessen unter dem mit einem Mikrometer versehenen Mikroskope. Prinz hat stets die günstig gelegenen und kleinsten Objekte auf jedem Bilde gemessen, ohne sich weiter darum zu kümmern, ob diese auch auf anderen Bildern der nämlichen Mondgegend sichtbar waren, da bekanntlich sehr kleine Krater oft bei geringer Veränderung des Sonnenstandes verschwinden. Kurz, er hat die Verhältnisse durchaus zu gunsten der Photographie angenommen und die erhaltenen Resultate in einer Tabelle zusammengestellt. Der wahre Monddurchmesser wurde dabei zu 3480000 *m*, der scheinbare zu 31′ 8″ angenommen, so dass eine Sekunde Bogenmass auf dem Monde einer wahren Länge von 1863 *m* entspricht.

Das erste Mondbild, welches er prüfte, ist die Kopie (Kohlepapier) eines Abdruckes der am 6. März 1865 von Rutherfurd zu New-York aufgenommenen Mondphotographie. Der Durchmesser des photographischen Objektives betrug 270 *mm*, die Vergrösserung des Bildes ist achtfach, so dass die ganze Mondscheibe 375 *mm* im Durchmesser haben würde. Die Dimensionen des kleinsten auf dem Bilde erkennbaren Objektes sind etwa 0.35 *mm* oder 3000 *m* in Wirklichkeit (1.60 Bogensekunden). Dieses Bild, sagt mit Recht Prinz, zeigt, bis zu welchem Grade von Vollkommenheit vor 30 Jahren die photographischen Operationen gediehen waren, denn das Original ist zweifellos dem Abzuge, den ich vor mir habe, überlegen. Einen Augenblick lang konnte man glauben, dass hiernach die Bilder, welche das grösste gegenwärtige Instrument geliefert, keinen Fortschritt über die Vergangenheit hinaus bekundeten. Doch verhält es sich anders, denn die neueren Photographien haben vor den älteren den grossen Vorzug der Tiefe der Töne und ebenso der ursprünglichen Grösse. Hätte man indessen, statt in den bemerkenswerten Resultaten von Rutherfurd und Warren de la Rue allein »hübsche Photographien« zu sehen, dieselben ernstlich studiert und dadurch den Eifer ihrer Verfertiger angespornt, so würden diese wohl zu

direkten Vergrösserungen übergegangen sein und auf diese Weise Darstellungen geliefert haben, gegen welche wir selbst heute kaum ankämpfen könnten. Alles was von damals bis zum Erscheinen der Lick-Photographien des Mondes auf diesem Gebiete geleistet worden ist, erscheint untergeordnet. Die Vergrösserungen am Fernrohre selbst machten ihre Probe erst in den Clichés der Gebrüder Henry zu Paris, und unter Anwendung dieser Methode allein kann man eine bessere Wiedergabe durch unsere optischen Apparate erwarten. In dieser Beziehung erwähnt Prinz beiläufig die von dem Brüsseler Instrumente (Objektiv 225 *mm*), das kaum für solche Aufnahmen geeignet ist, erhaltenen Clichés.

Eine von Burnham am 13. August 1888 ausgeführte Photographie (Objektiv 900 *mm*) lieferte ein Glaspositiv, das nach dem Brennpunktbilde zweimal vergrössert wurde. Sein Durchmesser beträgt 288 *mm*, und die kleinsten darauf erkennbaren Krater haben 3700 *m* Durchmesser. Indem diese Platte von Prinz bis 887 *mm* vergrössert wurde, erhielt er ein Negativ von grosser Schärfe, allein die Grenze der deutlichen Erkennbarkeit konnte nur bis 3600 *m* Durchmesser der Objekte erniedrigt werden.

»Als das Originalglaspositiv bei scharfer Vergrösserung eines Mikroskops untersucht wurde, zeigte es sich gestreift, mit feinen, wellenförmigen Strichen bedeckt, die bisweilen mit einander verbunden sind oder sich trennen, so dass das ganze Cliché wie von einem Netzwerke überzogen ist, dessen Maschen spindelförmig sind. Dieses Netzwerk ist weit feiner als das kleinste bekannte Detail der Mondscheibe, so dass es keine reale Existenz haben, d. h. dem Monde nicht angehören kann. Diese Schlussfolgerung drängt sich dem Beschauer auf, wenn man sieht, dass dieses Netzwerk sich auch in die schwarzen Schatten der Krater hinein fortsetzt und selbst ausserhalb des Bildes in der gleichen Form sichtbar ist. Die Kopie auf Glas eines Lick-Negativs wird ganz erheblich übertroffen von einer Photographie der Gebrüder Henry zu Paris, welche diese nach einer Aufnahme am 27. März 1890 herstellten. Das benutzte Instrument hat 330 *mm* Öffnung, die Vergrösserung ist 15-fach und das Bild auf gewöhnlichem, albuminiertem Papiere. Das kleinste auf diesem Bilde klar und deutlich sichtbare Objekt hat einen Durchmesser von etwa 2300 *m* oder 1.2″. Der Abdruck des Mare Nectaris ist der schönste der ganzen Reihe, die Umstände, welche jene Grenze zu erreichen gestatteten, sind so delikat, dass es nicht leicht sein wird, Ähnliches mehr zu erreichen.

In der That zeigt eine zweite Aufnahme, die an dem nämlichen Abende erhalten wurde, nur Details von 3000 *m* Durchmesser deutlich; andere, an späteren Tagen erhaltene nur solche von 3200 *m*. Nach dem vorhergehenden wird es nicht ohne Interesse sein, genauer ein Originalnegativ der Lick-Sternwarte zu untersuchen. Ein solches, aufgenommen am 12. Oktober 1890 von Holden und Campbell im Brennpunkte des grossen Refraktors bei einer Exponierung von drei

Sekunden, hat einen Durchmesser von 137 *mm*, und das kleinste deutlich darauf sichtbare Objekt ist etwa 3500 *m* gross. Dieses scheint nicht sehr von dem Ergebnisse der Prüfung des Glaspositivs derselben Sternwarte, welches oben erwähnt wurde, verschieden, in Wirklichkeit aber ist das Korn der Platten für die Positivs erheblich feiner als jenes der Negative, so dass auf letzteren die Details weniger bestimmt erscheinen. Ferner sind die hellen Partien des Negativs, statt rein und durchsichtig, mit Granulationen überstreut, die allerdings hier weniger dicht als in den dunklen Teilen auftreten, aber immerhin zahlreich genug sind, um die Messungen zu erschweren. Diese Granulationen zeigen sich auf der ganzen Platte, selbst ausserhalb des Bildes, und entstammen der Beschaffenheit der sensiblen Emulsion u. s. w. Diese Unvollkommenheiten verschwinden dagegen teilweise durch Kontakte beim Kopieren des Negativs auf einer positiven Platte mit sehr feinem Korne. Diese einfache Operation verlangt bei Mondphotographien strengste Kontrolle, hier haben die Hundertstel des Millimeters Wichtigkeit, und die zu kurze oder zu lange Exponierung, die Richtung des Lichtes, sowie der Gang der Entwickelung sind vermögend, die Ergebnisse gänzlich zu verändern. Das Korn des niedergeschlagenen Silbers, woraus das Bild besteht, besitzt auf dem Negative natürlich eine gewisse Dicke. Ist nun das Licht zu intensiv, oder fällt es schief auf, oder wirkt es zu viel oder zu wenig, so wird in jedem Falle das Positiv die Folgen davon empfinden. Sehr kleine Details werden dadurch ausgelöscht, die Körnung wird zur Streifung nach einer oder selbst mehreren Richtungen hin, und selbst zufällige Granulierungen werden sich unangenehm bemerkbar machen. Mit einem Worte: wenn man sorgfältig operiert, so werden von vier bis sechs Kopien eine oder zwei die mikroskopische Vergleichung mit dem Negativ ertragen, eine oder zwei, welche die wirklichen Details wiedergeben, ohne das geringste Korn zu fixieren. Auf diese Weise erklärt sich das scheinbar paradoxe Ergebnis, welches oben angeführt wurde, und gemäss welchem die Kopie detailreicher erscheint als das Negativ selbst. Dagegen zeigt eine Kopie des erwähnten Negativs auf einer gewöhnlichen Platte nur Details bis zu etwa 4300 *m* Durchmesser. Endlich erlauben zwei Vergrösserungen des nämlichen Negativs, eine auf Glas, die andere auf Papier, Schätzungen bis zu über 2800 *m* Durchmesser. Das ist alles, was Verf. von dieser Platte erhalten konnte, und seine Schätzung stimmt merklich mit den Ziffern überein, welche die ausgezeichnete Vergrösserung eines anderen amerikanischen Fokalbildes liefert, welches Verf. der Güte des geschickten Selenographen J. N. Krieger verdankt.

Der Schluss, zu welchem diese eingehende Prüfung führt, ist, dass die Krater von 250 *m* Durchmesser, die Tausende von gewundenen Rillen, mit einem Worte alle diese kleinsten Objekte, von denen man in den letzten Jahren soviel Wesens gemacht hat, sich in nichts auflösen bei der unparteiischen Prüfung der photographischen

Dokumente, wie sie sich ebenfalls in nichts auflösen vor dem unbefangenen Beobachter, der den Mond am Fernrohre untersucht.

Inzwischen scheinen die auf der Lick-Sternwarte 1891 erhaltenen Negative detaillierter als die von 1888. Die Grenze, bis zu welcher diese letzteren in der Darstellung reichen, ist leicht zu ziehen. Man sieht auf diesen Platten (vom 15. August 1888) nichts von den 2600—2700 *m* im Durchmesser haltenden Höhlungen, wie den kleinen Krater auf dem Walle des Torricelli oder jenen im Inneren des Ringgebirges Janssen, welche man dagegen auf Photographien der Gebrüder Henry (vom 27. März 1890) erkennt. Diese Krater sind übrigens keine Minima der Sichtbarkeit, denn sie finden sich schon auf den Mondkarten, und Stuyvaert hat sie 1880 an einem $5^1/_2$-zölligen Refraktor gezeichnet.

»Hoffentlich,« sagt Verf., »wird mich niemand im Verdacht haben, die Wichtigkeit der bis jetzt erlangten photographischen Mondaufnahmen verringern zu wollen, umsomehr, als ich mich dieser Aufnahmen fast täglich zu meinen Studien bediene. Mein Zweck war, bloss den wahren Wert derselben so genau als möglich festzustellen, um den in Umlauf gesetzten Übertreibungen ein Ende zu machen. Ich glaube, indem ich die Grenzen der Definition für die photographischen Platten von Holden und Campbell auf 2300 *m*, und für die der Gebrüder Henry auf 2000 *m* feststelle, die etwaige Unsicherheit meiner Schätzungen zu kompensieren. Diese Zahlen also bezeichnen die Durchmesser der kleinsten noch bestimmbaren Mondobjekte auf den besten und grössten photographischen Clichés. Nach so grosser Arbeit und Polemik sind wir also wieder bei den Schätzungen des verstorbenen Admirals Mouchez angelangt, welcher die Minima der Sichtbarkeit auf den zu Paris erhaltenen Mondphotographien zu 1 Bogensekunde oder 1500 bis 2000 *m* schätzte; und ebenso bleiben wir in Übereinstimmung mit Prof. Holden, welcher sagte, dass die Mondkarte von Schmidt sehr kleine Krater enthält, welche auf den Photographien nicht klar zu erkennen sind, infolge des relativ beträchtlichen Kornes der Platten. Endlich wird dadurch auch die Meinung von Burnham bestätigt, der nach einem genauen Studium seiner Clichés erklärte, dass sie alle Objekte enthielten, die man unter günstigen Umständen mit einem Refraktor von fünf bis sechs Zoll Öffnung direkt sehen könne. Es liegt kein Grund vor, heute nach ein oder zwei Jahren diese von hervorragenden Astronomen (unter denen sich ja auch die geschickten Photographen befinden, denen wir diese Mondbilder verdanken) geäusserten Ansichten zu ändern. Die in der Presse unterhaltenen Diskussionen über den Wert der Mondphotographien haben keinerlei Zweck, da sie nur von Personen fortgesponnen werden, die königlicher sein wollen, als der König selbst, und die ihre Wünsche für Wirklichkeiten nehmen.«

Die heutige Mondphotographie muss sich also darauf beschränken, Objekte der Mondoberfläche darzustellen, welche wenigstens 2000 *m* im Durchmesser haben. Wenn man es vorzieht, statt dieser Zahl,

zum Vergleiche irdische Gegenstände herbeizuziehen, so kann man daran erinnern, dass jene Photographien bequem den Kilauea auf Hawaiï, Santorin und den neuen Krakatau zeigen würden, während der Krater des Kilimandscharo in Afrika schon sehr gute Luftverhältnisse erfordern würde, um dargestellt zu werden. Die Konturen einer Stadt von der Grösse Brüssels würden auf dem Negative der Gebrüder Henry ein Pünktchen bilden, nicht grösser als der Punkt auf dem i; auf einem Brennpunktcliché des Lick-Refraktors würde sie sogar nur ein Drittel dieser Grösse zeigen.

Kometen.

Die Kometen des Jahres 1894. Eine Zusammenstellung der Kometenerscheinungen des Jahres 1894, auf Grund des gesamten Beobachtungsmaterials und der darauf basierten Rechnungen giebt, wie alljährlich, Prof. H. Kreutz[1]). Folgendes ist ihr entnommen:

Komet 1893 IV. Die letzte Beobachtung ist am 8. Januar 1894 von Kobold in Strassburg angestellt worden. Am 26. Januar konnte Wilson in Northfield den Kometen noch als schwachen Schimmer erkennen, aber keine Ortsbestimmung mehr erlangen. Der Schweif hat nach den Aufnahmen Barnard's vom 10. November gegen die Oktoberaufnahmen eine mehr gerade Gestalt angenommen; ca. 18′ vom Kopfe breitet er sich in drei fächerförmige Zweige aus, doch ist nur der mittlere, der Hauptschweif, genügend weit, bis zu einer Länge von 6° zu verfolgen. Isolierte Nebelmassen in der Längsaxe des Schweifes sind auch auf diesem Photogramme zu erkennen.

Aus sämtlichen bis Ende 1894 veröffentlichten Beobachtungen hat Dr. Peyra die folgenden definitiven Elemente abgeleitet:

	Parabel	Ellipse	
$T =$	1893 Sept. 19.3572	Sept. 19.2595 m. Z. Berlin	
$\pi =$	162° 40′ 52.6″	162° 22′ 18.7″	M. Äq. 1893.0
$\Omega =$	174 56 26.6	174 55 12.0	M. Äq. 1893.0
$i =$	129 48 58.4	129 50 14.1	M. Äq. 1893.0
$\log q =$	9.911191	9.909551	
$e =$	1.0	0.996489	

Die weit bessere Darstellung, inbesondere der Deklinationen, durch die Ellipse lässt die Abweichung von der Parabel als begründet erscheinen.

Komet 1894 I (Denning), entdeckt von W. F. Denning in Bristol am 26. März 1894 in $\alpha = 10^h$, $\delta = +32°$ als ziemlich heller Nebel 10. Gr. von 1′ Durchmesser. Ein sternartiger Kern 11. 12. Gr. war vorhanden; derselbe war umgeben von einer fächerförmigen Koma, welche sich in der zur Sonne senkrechten Richtung in einen kurzen, schwachen Schweif von 2′ Länge und 1′ Breite fortsetzte. Da das Perihel schon seit sechs Wochen verflossen war, auch der Komet sich von der Erde entfernte, nahm die Helligkeit rasch ab, so dass die Beobachtungen schon bald ihr Ende finden mussten. Anfang Mai schliessen fast sämtliche Ortsbestimmungen; nur auf der Sternwarte in Nizza ist es gelungen, noch nach dem Mondscheine vom 22. Mai bis 5. Juni einige Beobachtungen zu erlangen.

Der Komet gehört zu der Klasse der Kometen mit kurzer Umlaufszeit;

[1]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft **30.** p. 122 u. ff.

die letzten, von Schulhof abgeleiteten Elemente, welche sich allen Beobachtungen gut anschliessen, lauten:

$$
\begin{aligned}
&\text{Epoche 1894 März 28 0 m. Z. Berlin}\\
M &= 6^\circ 10' 45.2''\\
\pi &= 130\ 37\ 44.6\\
\Omega &= 84\ 21\ 50.9 \quad \Big\}\ \text{M. Äq. 1894.0}\\
i &= 5\ 31\ 47.5\\
\varphi &= 44\ 17\ 39.9\\
\mu &= 478.363''\\
\log a &= 0.580166\\
U &= 7.42 \text{ Jahre} \pm 30 \text{ Tage}\\
T &= 1894 \text{ Febr. } 9.50 \text{ m. Z. Berlin.}
\end{aligned}
$$

Der Komet nähert sich nach Schulhof in der heliozentrischen Länge 284° der Bahn des Jupiter bis auf 0.16; bemerkenswert aber ist, dass in diesem Punkte auch die Bahn unseres Kometen diejenige des Brorsen'schen nahezu schneidet. Ein Zusammentreffen beider Kometen, allerdings ohne dass Jupiter in der Nähe gewesen ist, hat, wie Hind zuerst hervorgehoben hat, genähert im Jahre 1881 stattgefunden, und es ist nicht ausgeschlossen, dass hiermit das Verschwinden des seit 1879 nicht mehr wiedergesehenen Brorsen'schen Kometen zusammenhängt.

Komet 1894 II, entdeckt von W. F. Gale in Sydney am 1. April in $\alpha = 2^{1/2\,h}$, $\delta = -55^\circ$, zuerst beobachtet von Tebbutt in Windsor am 3. d. M. Der Komet zeigte sich als runder heller Nebel mit einer Verdichtung in der Mitte und schwachem Schweife. Nachdem er mehrere Tage lang in Dekl. nahe stationär gewesen war, wandte er sich nach Norden und wurde bereits gegen Ende des Monats auf der durch die Zentralstelle rechtzeitig avisierten nördlichen Hemisphäre sichtbar. Zuerst aufgefunden von Douglass in Flagstaff, Arizona am 26. April, wurde er am 28. d. M. von Charlois in Nizza und Porter in Cincinnati in $\alpha = 7^h$, $\delta = -28^\circ$ zuerst beobachtet. Gegen den 1. Mai erreichte der Komet, welcher am 13. April sein Perihel passiert hatte, mit $\Delta = 0.34$ die grösste Erdnähe. Zu dieser Zeit war er dem blossen Auge als ein Nebel 4.5 Grösse eben sichtbar, besass einen Durchmesser von 10'—15' und einen elliptischen Kern von 20" Durchmesser. Der Schweif, der im Okular kaum angedeutet erschien, konnte auf den photographischen Platten, die in Heidelberg, Paris, Sydney und auf Mount Hamilton erhalten wurden, bis zu einer Länge von 4°—6° verfolgt werden. Eine Teilung des Schweifes in mehrere Äste war deutlich zu erkennen. Zwei Aufnahmen des Kometen von Barnard vom 3. und 5. Mai sind in Astronomy and Astrophysics **13.** p. 421 und 561 reproduziert.

Der Komet nahm, nachdem er seine Erdnähe überschritten hatte, rasch an Helligkeit ab; gegen Ende Mai war dieselbe auf die 7., Ende Juni auf die 9. und Ende Juli auf die 11.—12. Grössenklasse gesunken. Soweit die Beobachtungen bis jetzt veröffentlicht sind, ist die letzte Ortsbestimmung am 31. Juli von Courty in Bordeaux angestellt worden.

Im Spektrum des Kometen waren nach Campbell das kontinuierliche Spektrum, sowie das gelbe, grüne und blaue Band vorhanden. Auf einer photographischen Aufnahme hat derselbe Beobachter eine grosse Reihe heller Linien gemessen, welche eine nahezu vollständige Identität des Spektrums mit demjenigen des Kometen 1893 II ergeben.

Genaue Elemente des Kometen liegen noch nicht vor; von den vorhandenen werden die folgenden, welche Kohlschütter aus 6., 13., 28. April und 9. Mai abgeleitet hat, den Lauf des Kometen am besten darstellen.

$$
\begin{aligned}
T &= 1894 \text{ April } 13.5517 \text{ m. Z. Berlin}\\
\pi &= 170^\circ 38' 16.5''\\
\Omega &= 206\ 20\ 59.3 \quad \Big\}\ \text{M. Äq. 1894.0}\\
i &= 87\ 3\ 51.8\\
\log q &= 9.992\,741
\end{aligned}
$$

Periodischer Komet Tempel₂ 1894 III. Dank der vorzüglichen Vorausberechnung von Schulhof ist der Komet trotz seiner Lichtschwäche am 8. Mai 1894 von Finlay am Kap wieder aufgefunden worden. Der Fehler der aus den beiden früheren Erscheinungen 1873 II und 1878 III abgeleiteten Elemente betrug nur $+ 9^s$ in AR. und $+ 0.'5$ in Dekl. Die diesjährige Erscheinung war wesentlich ungünstiger als die früheren; während in den letzteren die Lichtintensität $(1:r^2\varDelta^2)$ bis auf 1.1 stieg, erreichte dieselbe 1894 nur den Betrag von 0.19. Demgemäss ist auch der Komet in der ganzen Erscheinung ausserordentlich lichtschwach geblieben; Finlay schildert ihn bei der Auffindung als sehr schwache, kreisrunde Nebelmasse von 1′ Durchmesser, mit geringer Verdichtung in der Mitte, ein Aussehen, was sich im Laufe der Erscheinung nicht weiter geändert hat. Beobachtet ist der Komet sehr wenig; die publizierten Beobachtungen erstrecken sich nur bis Kap am 14. Juni; doch dürfte nach einer Mitteilung von Barnard der Komet auf Mount Hamilton wesentlich länger, bis gegen Ende Juli, beobachtet worden sein.

Die Elemente von Schulhof, abgeleitet aus den beiden früheren Erscheinungen und genähert angeschlossen an die ersten Beobachtungen aus dem Jahre 1894, lauten:

Epoche 1894 Juni 4.0 m. Z. Berlin

$$
\begin{aligned}
M &= 7^\circ\,52'\,48.6'' \\
\pi &= 306\;\;15\;\;\;0.3 \\
\Omega &= 121\;\;10\;\;\;5.5 \\
i &= 12\;\;44\;\;21.9 \\
\varphi &= 33\;\;26\;\;27.4 \\
\mu &= 679.''9391 \\
\log a &= 0.478\,358 \\
T &= \text{1894 April 23.28 m. Z. Berlin.}
\end{aligned}
$$

(π, Ω, i: M. Äq. 1894.0)

Komet 1894 IV (E. Swift), ein sehr lichtschwacher Komet 13.—14. Grösse von wahrscheinlich kurzer Umlaufszeit, entdeckt von E. Swift in Echo Mountain, Kalif., 20. November 1894 in $\alpha = 22^h$, $\delta = -13^\circ$. Ein kleiner Kern, sowie eine schwache Spur eines kurzen Schweifes waren vorhanden. Da die Helligkeit stetig abnahm, wird der Komet kaum über Ende Dezember hinaus beobachtet worden sein; die letzten publizierten Beobachtungen sind von Denver und Northfield am 31. Dezember. Schon die Entdeckungsbeobachtung liess Berberich die Identität mit dem verloren gegangenen Kometen 1844 I (de Vico) vermuten; weitere Untersuchungen von Schulhof scheinen diese Vermutung zu bestätigen, wenn auch eine positive Gewissheit zur Zeit noch nicht erlangt werden kann. Leider lassen nämlich die Beobachtungen bis Ende 1894 keine direkte Bestimmung der Umlaufszeit zu, so dass aus der diesjährigen Erscheinung kaum weitere Schlüsse auf die Identität zu erwarten sein werden. Gegen die Identität würde die grosse Lichtschwäche des Kometen E. Swift sprechen; doch steht nichts im Wege, dem später nie wieder gesehenen Kometen de Vico im Jahre 1844 eine ähnliche abnorme Helligkeitszunahme zuzuerteilen, wie sie sich bei dem Kometen 1892 III (Holmes) gezeigt hat.

Die nachfolgenden Elemente von Chandler schliessen sich nahe den Beobachtungen an; nur müssen die Werte von μ, e und $\log a$ als hypothetisch betrachtet werden, da nach Chandler selbst eine Parabel die Beobachtungen noch mässig gut darstellt[1]).

---

[1]) Im Jahre 1895 sind noch Beobachtungen des Kometen bis zum 29. Januar möglich gewesen. Die hierauf gegründeten neueren Untersuchungen von Chandler in A. J. 338 lassen eine Identität der Kometen de Vico und E. Swift als nahezu gewiss erscheinen.

$$
\begin{aligned}
T &= 1894 \text{ Okt. } 12.4737 \text{ m. Z. Berlin} \\
\pi &= 345^{0}\,32'\,48.1'' \\
\Omega &= 48\;\;45\;\;57.4 \\
i &= 2\;\;57\;\;55.1 \\
\varphi &= 34\;\;43\;\;58.0 \\
\mu &= 609.''56 \\
\log a &= 0.51000
\end{aligned}
\quad \Big\}\ \text{M. Äq. 1894.0 } (\pi, \Omega, i)
$$

Enke'scher Komet 1895 I. Nach der Ephemeride von Backlund wurde der Komet am 31. Oktober 1894 von Wolf in Heidelberg und Perrotin in Nizza, am 1. November von Cerulli in Teramo wieder aufgefunden. Zunächst noch ausserordentlich lichtschwach, konnte derselbe erst von Dezember ab auch in Fernrohren mittleren Ranges beobachtet werden. Mitte Januar, kurz vor seinem Verschwinden im Tageslichte, war der Komet recht hell, fast dem blossen Auge sichtbar. Ein schwacher Schweif konnte bis zu einer Entfernung von $1^1/_2{}^0$ vom Kerne verfolgt werden. Die letzte vollständige Beobachtung ist, soweit bis jetzt bekannt, am 22. Januar 1895 von Winkler in Jena angestellt worden; jedoch erhielt Holetschek in Wien noch eine genäherte Vergleichung mit β Aquarii am 24. Januar. Nach der Rückkehr vom Perihele wird der Komet noch eine Zeitlang am Morgenhimmel auf der Südhalbkugel beobachtet werden können. Die ganze Erscheinung bildet ein vollständiges Analogon zu derjenigen von 1861-1862 (Perihel 6. Februar 1862). Damals wurde allerdings der Komet wesentlich früher, bereits am 4. Oktober 1861 aufgefunden; die Ursache ist aber wohl nur darin zu suchen, dass im Jahre 1894 die Vorausberechnung erst verhältnismässig spät, gegen Ende Oktober, fertiggestellt werden konnte.

Die Elemente, welche Backlund der jetzigen Erscheinung zu grunde gelegt hat, lauten:

$$
\begin{aligned}
&\text{Epoche 1894 Dez. 11.0 m. Z. Berlin} \\
M &= 343^{0}\,21'\,31.8'' \\
\pi &= 158\;\;42\;\;18.9 \\
\Omega &= 334\;\;44\;\;51.3 \\
i &= 12\;\;54\;\;24.5 \\
\varphi &= 57\;\;48\;\;14.0 \\
\mu &= 1074.107\,93'' \\
\mu' &= +0.069\,299 \\
\log a &= 0.345\,972 \\
T &= 1895 \text{ Febr. } 4.77 \text{ m. Z. Berlin.}
\end{aligned}
\quad \Big\}\ \text{M. Äq. 1895.0 } (\pi, \Omega, i)
$$

Komet 1893 II wurde noch bis zum 20. Dezember beobachtet.

Kromm in Bordeaux hat aus sämtlichen bis jetzt bekannten Beobachtungen die folgenden definitiven Elemente abgeleitet:

$$
\begin{aligned}
T &= 1893 \text{ Juli } 7.308\,66 \text{ m. Z. Berlin} \\
\pi &= 24^{0}\,28'\,47.4'' \\
\Omega &= 337\;\;21\;\;1.8 \\
i &= 159\;\;58\;\;1.6 \\
\log q &= 9.829\,013 \\
e &= 0.999\,4621
\end{aligned}
\quad \Big\}\ \text{M. Äq. 1893.0 } (\pi, \Omega, i)
$$

Die Elliptizität der Bahn hält Kromm für verbürgt.

Der Zusammenhang des Kometen 1894 I (Denning) mit dem Brorsen'schen Kometen. Die Thatsache, dass der Brorsen'sche Komet 1879 und 1890 nicht wieder gesehen worden ist, trotzdem im letzten Jahre die Sichtbarkeitsverhältnisse sehr günstige sein mussten, zusammen mit der Bemerkung von Hind über diesen

Kometen, hat Dr. E. Lamp in Kiel zu genauen Untersuchungen veranlasst[1]), die zu einem befriedigenden Ergebnisse führten. Gestützt auf die Beobachtungen des Denning'schen Kometen zu Nizza hat er neue Bahnelemente des letzteren berechnet und mit diesen auch die Störungen abgeleitet.

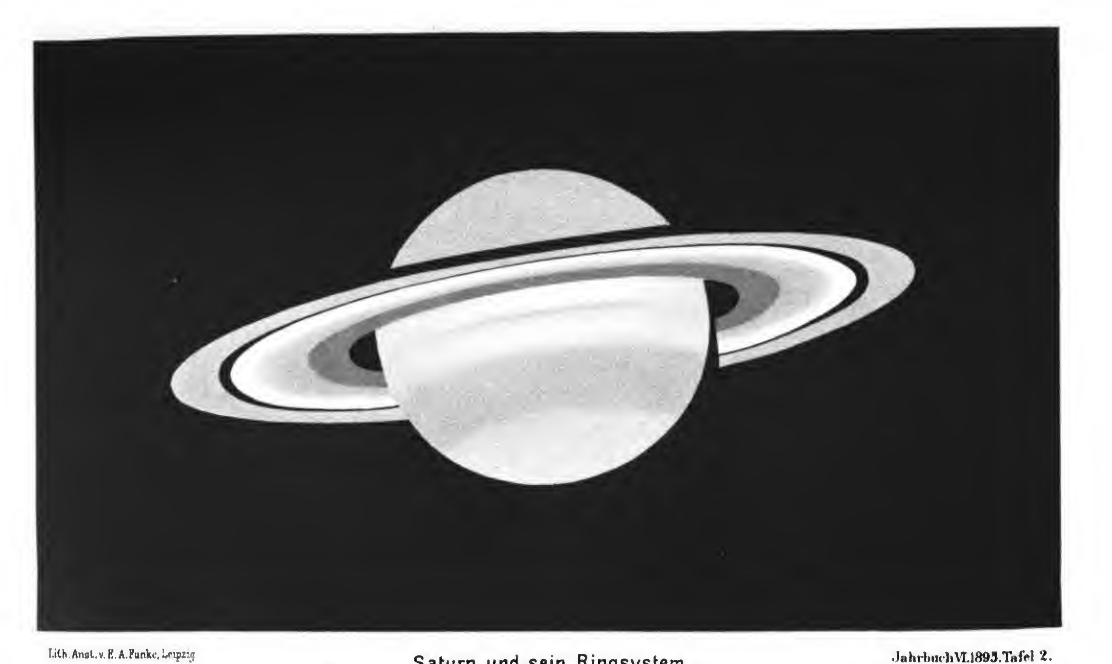
Es ergab sich so, dass die Bahn des Denning'schen Kometen diejenige des Brorsen'schen Kometen in 284° 26′ 51.3″ heliozentrischer Länge und — 1° 45′ 55.7″ Breite unter einem Winkel von 23° 58′ schneidet. Der Denning'sche Komet passierte diese Knotenlinie 1881 Januar 16.5101 in einer Entfernung von der Sonne, welche 0.713 723 Halbmesser der Erdbahn betrug. Der Brorsen'sche passierte die nämliche Linie 1881 Januar 23.9232 in einer Entfernung von der Sonne gleich 0.714 553 Erdbahnhalbmesser. Der Unterschied der Entfernung ist ziemlich unbedeutend, der Zeitunterschied beträgt dagegen noch immer 7.4 Tage. Indessen ist es von Wichtigkeit, dass die lediglich aus den Beobachtungen von 1894, ohne jede Rücksicht auf die Zusammenkunft 1881, abgeleiteten Bahnelemente des Denning'schen Kometen, doch bei Vergleichung mit der Bahn des anderen Kometen diese immerhin nur geringen Unterschiede ergaben.

Eine kleine Verbesserung der Annäherung beider Kometen ergiebt sich noch, wenn man nicht den Durchgang durch die Knotenlinie, sondern durch die Bahnnähepunkte (die Punkte der kleinsten Distanz beider Bahnen) betrachtet. Diese liegen für die Denning'sche Bahn in 284° 30′ 5.7″ heliozentrischer Länge — 1° 46′ 14.0″, Breite, für die Brorsen'sche in 284° 26′ 52.2″ heliozentrischer Länge, — 1° 45′ 56.1″ Breite, d. h. für Brorsen ganz dicht an der Schnittlinie der Bahnen, für Denning um einige Bogenminuten davon entfernt. Die Radienvektoren in diesen Punkten sind $\log r = 0.714\,069$, $\log r_1 = 0.714\,554$, und die Entfernung beider Punkte voneinander ist 0.008 617 Erdbahnhalbmesser, natürlich etwas grösser als die Differenz dieser beiden Radienvektoren. Der Denning'sche Komet passierte seinen Nähepunkt 1881 Januar 17.5641, der Brorsen'sche den seinigen 1881 Januar 23.9289; der Unterschied der Zeiten beträgt hier also nur noch 6.3648 Tage.

Die hier abgeleitete Bahnnähe ist besonders klein im Verhältnisse zu den Dimensionen, welche die Masse des Brorsen'schen Kometen regelmässig nach dem Perihele annahm.

Nach den Beobachtungen von Julius Schmidt im Jahre 1868 dehnte sich die Nebelhülle des Kopfes des Brorsen'schen Kometen aus, als derselbe sich von der Erde entfernte. Im Mai jenes Jahres betrug ihr Halbmesser 18.85 Erdradien. Legt man diese Grösse zu grunde, so findet man, dass die oben angegebene kleinste Entfernung der Bahnen beider Kometen nur etwa das Fünffache

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3278.



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

Saturn und sein Ringsystem

am 2. Juli 1894 gezeichnet von E. E. Barnard am grossen Refraktor der Lick-Sternwarte.

Ed. H. Mayers Verlag, Leipzig

des Durchmessers des Kometenkopfes (der sogenannten Koma) ausweist.

Man kann es hiernach, bemerkt Dr. Lamp, für sehr wahrscheinlich erklären, worüber allerdings erst die Wiederkehr des Denning'schen Kometen volle Gewissheit bringen wird, dass die beiden Kometen Ende Januar 1881 gleichzeitig sich sehr nahe an demselben Punkte des Weltraumes befunden haben, und man kann sich vielleicht zu der Ansicht gedrängt fühlen, dass beide Weltkörper bis zu jenem Zeitpunkte nur einen Kometen bildeten, der durch irgend einen Vorgang auseinander gerissen wurde. Sollte letzteres sich bei der definitiven Bearbeitung als noch wahrscheinlicher ergeben, so würde man sogar unter gewissen Annahmen im stande sein, auch das andere Stück des früheren Brorsen'schen Kometen auf seinem neuen Wege zu verfolgen.

Der Komet Swift (1894). Schon gleich nach Entdeckung dieses schwachen Kometen wurde von kompetenter Seite die Vermutung ausgesprochen, derselbe sei wahrscheinlich identisch mit dem seit einem halben Jahrhunderte nicht mehr wiedergesehenen Kometen de Vico, welcher 5 ½ Jahre Umlaufszeit besitzt. Die Rechnungen von L. Schulhof, welche sich auf drei Beobachtungen des neuen Kometen im Monate November 1894 stützen, haben jene Vermutung nunmehr bestätigt [1]).

Der nach seinem ersten Entdecker de Vico benannte Komet wurde am 22. August 1844 auf der Sternwarte zu Rom entdeckt und erschien im darauf folgenden September als Stern 6. Grösse dem blossen Auge. Im Fernrohre zeigte er einen Kern und schwachen Schweif. Bald nachher zeigten Brünnow und Leverrier, dass dieser Komet eine Umlaufszeit von nur 5 ½ Jahren besitzt. Der Rechnung nach konnte er bei seiner nächsten Wiederkehr von der Erde aus nicht gesehen werden, dagegen musste er im August 1855 wieder sichtbar werden. Indessen sind damals alle Versuche, den Kometen aufzufinden, vergeblich gewesen, nur Goldschmidt in Paris glaubte, nahe dem Orte, wo der Komet stehen musste, einen schwachen Nebel zu sehen. Leverrier hat die Bahn dieses Kometen bis zum Jahre 1753 rückwärts berechnet und gezeigt, welche Veränderungen sie infolge der Anziehung des Jupiter erlitt. Hiernach hat die Länge des Perihels zugenommen, die Länge des aufsteigenden Knotens sich dagegen vermindert, und dies zeigt sich auch wieder bei der diesmaligen Erscheinung. Der de Vico'sche Komet musste 1885 dem Jupiter wieder sehr nahe kommen und, wie Schulhof nachweist, ist dies in der That bei dem Swift'schen Kometen der Fall gewesen, wodurch seine Umlaufszeit etwas vergrössert wurde.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 2367.

Die unerwartete Auffindung des seit 50 Jahren verlorenen de Vico'schen Kometen ist, wie Schulhof bemerkt, eine sehr merkwürdige Thatsache. Sie wirft ein helles Licht auf die mysteriösen Verhältnisse, nach denen so manche Kometen von kurzer Umlaufsdauer sich nach einmaliger Erscheinung dem Auge der Astronomen anscheinend für immer entzogen haben, wie dies jüngst noch beim Brorsen'schen Kometen der Fall war. Der de Vico'sche Komet war 1844 recht hell und mehrere Tage lang sogar für das blosse Auge sichtbar. Seine Bahn war genau genug bekannt, um bei späterer Rückkehr den Ort am Himmel, wo er gesucht werden musste, anzugeben. Nichtsdestoweniger ist er, obgleich besonders 1855 die Sichtbarkeitsverhältnisse sehr günstig sein mussten und eifrig nach ihm gesucht wurde, nicht mehr aufgefunden worden. Seine Helligkeit im Jahre 1844 muss daher aussergewöhnlich gross gewesen sein, ähnlich wie die des Kometen Holmes 1892. Es ist daher nicht unmöglich, dass das schwache nebelartige Objekt, welches Goldschmidt 1855 nahe dem vorausberechneten Orte des Kometen sah, in der That dieser Komet war, und dass derselbe plötzlich lichtschwächer wurde und dadurch den Augen der Forscher sich entzog Nach der plötzlichen, aber kurz dauernden Helligkeitszunahme, welche die Kometen Biela, Pons, Brooks 1888 I, Brooks 1889 V und besonders der Komet Holmes gezeigt haben, kann man durchaus annehmen, dass ziemlich oft Kometen, die sehr lichtschwach sind, für einige Tage heller und dadurch sichtbar werden, um darauf wieder zu verschwinden. So können z. B. die Nebelflecke, welche Buckingham und Talmaga, sowie andere Beobachter, im November 1865 bei ihren Nachforschungen nach dem Biela'schen Kometen gesehen haben, wirklich Fragmente dieses Kometen gewesen sein, die nur kurze Zeit sichtbar waren. Man wird daher gut thun, bei den nächsten Rückkünften des Brorsen'schen Kometen wiederholt mit mächtigen Instrumenten die unmittelbare Umgebung des Ortes, wo sich der Komet zeigen sollte, aufs sorgfältigste zu durchmustern, statt die Nachforschung auf die weitere Umgebung auszudehnen, wodurch sie naturgemäss weniger sorgfältig sein wird.

Unter den Kometen von kurzer Umlaufsdauer ist der Komet de Vico der älteste bekannte, denn, wie Leverrier nachgewiesen, ist er identisch mit dem Kometen, der im Jahre 1678 gesehen wurde. Infolge seiner verhältnismässig grossen Periheldistanz ist er weniger, als die Kometen Biela und Brorsen, der zerstörenden Wirkung der Sonnenwärme ausgetzt. Seine Periheldistanz ist seit 1885 merklich grösser geworden und wird 1897 noch mehr zunehmen, in welchem Jahre der Komet dem Jupiter noch näher als 1885 kommen wird. Deshalb dürfte es schwer halten, den Kometen bei seiner nächsten Wiederkehr aufzufinden.

Sternschnuppen und Meteoriten.

Die Bahn eines am 4. Dezember 1893 in Schlesien beobachteten hellen Meteors ist von Prof. Galle bestimmt worden [1]). Für die geographische Lage des Endpunktes der Meteorbahn konnte mit einer Wahrscheinlichkeit bis eine oder zwei geographische Meilen die Gegend von Kotzenau (unweit Glogau) im nordwestlichen Schlesien angenommen werden, und zwar konnte die Höhe des Endpunktes auf 2.324 Meilen geschätzt werden. Der Radiationspunkt wurde mit einer Unsicherheit von $\pm 4^0$ in $A = 100^0\ 2'$; $D = 66^0\ 11'$ gefunden, woraus sich ergiebt, dass dieses Meteor dem Bielaschwarme nicht angehört hat, da der Radiationspunkt des letzteren im Sternbilde der Andromeda, 40^0 entfernt, liegt. Mittels dieser Daten wurde weiter aus den Beobachtungen abgeleitet: die Länge der Bahn = 35.93 geographische Meilen, die Höhe des Anfangspunktes = 25.95 geographische Meilen, die geographische Länge = $35^0\ 2'$, desselben seine geographische Breite = $52^0\ 56'$ und der Neigungswinkel des beschriebenen Weges zur Erdoberfläche = 40^0.

Nach Feststellung der terrestrischen Bahn des Meteors berechnete Verfasser die kosmische Bahn und erhielt zwei Elementensysteme, die wiederum nur unwesentlich voneinander abweichen, und für die absoluten Geschwindigkeiten im Raume die Werte 7.580, bezw. 7.210 geographische Meilen in der Sekunde ergaben. Es findet sich, »dass die Bahn dieses Meteors wiederum eine entschiedene Hyperbel ist und eine neue Bestätigung aller genaueren Berechnungen von helleren Meteoren seit länger als 20 Jahren bildet, wie solche namentlich durch Professor v. Niessl's ausgezeichnete Arbeiten auf diesem Gebiete bekannt geworden sind. Es würde eine sehr viel geringere Geschwindigkeit, also eine sehr viel grössere Zeitdauer der Erscheinung in dem vorliegenden Falle angenommen werden müssen, als die Beobachtungen füglich zulassen (4.865 Sekunden), wenn die Bahn auf eine Parabel oder eine Ellipse gebracht werden sollte. Die hellen Meteore (Feuerkugeln) werden daher so lange als Körper (oder vielmehr Schwärme) mit sehr starken Anfangsgeschwindigkeiten gedacht werden müssen (mögen dieselben nun aus dem Weltraume oder aus dem Sonnensysteme kommen), als nicht besondere Ursachen aufgefunden werden, welche diese Geschwindigkeiten in der Nähe der Erde in diesem ungewöhnlichen Grade vergrössern. Über letztere Frage würde eine entscheidende Prüfung voraussichtlich dadurch erlangt werden können, dass es gelänge, die terrestrischen Geschwindigkeiten auch solcher Sternschnuppen oder Meteore zu ermitteln, welche, wie die Perseïden und Leoniden, bestimmt zu Kometen gehören, und deren wahre Geschwindigkeit im Raume daher unzweifelhaft bekannt ist.«

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3266.

Ein Meteoreisen, welches Argon und Helium enthält. Aus dem Meteoriten von Augusta County, Virginia, welcher nach einer 1871 ausgeführten Analyse 88.4 Fe, 10.2 Ni, 0.4 Co, 0.3 P, 0.2 C und ausserdem Cu, Sn, Mn, Cl, S und SiO_2 enthält, hat Ramsay 45 ccm eines Gases extrahiert, aus dem beim Verpuffen mit Sauerstoff einige Zehntel (H) verschwanden; der Rest ergab beim Durchschlagen elektrischer Funken in Gegenwart von kaustischem Natron nur noch eine geringe Zusammenziehung. Der Rückstand wurde getrocknet und erwies sich bei der spektroskopischen Untersuchung als Argon, dessen sämtliche charakteristischen Eigenschaften er zeigte. Man bemerkte ferner im Spektrum die gelbe Heliumlinie, und durch Vergleichung mit einer Probe reinen Heliums wurde die Identität derselben festgestellt; mit den D-Linien des Natriums war keine Übereinstimmung vorhanden. Wir sehen also, dass das Argon auch in einem ausserirdischen Körper vorkommt, obschon es in der Sonne nicht angetroffen worden ist. Ausser den Linien des Argon und des Helium fand man in dem vom Wasserstoffe befreiten Gase des Meteoreisens keine weiteren Linien. — Ramsay bemerkt bei dieser Gelegenheit, dass er das Helium in der Mehrzahl der Mineralien mit seltenen Erden gefunden; es ist daher um so auffallender, dass man dies nicht schon früher beobachtet hat [1]).

Fixsterne.

Erkennung von veränderlichen Sternen an ihrem photographischen Spektrum. Professor Edward C. Pickering verbreitet sich über die Entdeckung von Veränderlichen durch Spektralphotographie [2]). Es handelt sich dabei um Veränderliche von langer Periode und meist starken Lichtschwankungen. Die Spektren eines grossen Teiles dieser Sterne gehören dem III. Typus an und zeigen, wenn sie nahe dem Maximum ihres Lichtes sind, die Wasserstofflinien hell. Mit vielleicht einer einzigen Ausnahme sind Sterne dieses Verhaltens als veränderlich erkannt worden. Mrs. Fleming hat 34 neue Veränderliche dieser Klasse aufgefunden und nachgewiesen, dass 65 bereits bekannte Veränderliche sich spektroskopisch so zeigen, wie eben erwähnt wurde.

Neue veränderliche Sterne. Auf dem provisorischen Observatorium zu Arequipa in Peru sind infolge der photographischen Aufnahmen der Sternspektren verschiedene Sterne als der Veränderung verdächtig erkannt, und ist bei den folgenden der Lichtwechsel direkt nachgewiesen worden [3]).

---

[1]) Chem. Centralblatt 1895, p. 350.
[2]) Astrophys. Journal **1.** p. 27.
[3]) Astrophys. Journal **1.** p. 411 u. ff.

Konstellation	Bezeichnung	R. A. 1900	Dekl. 1900	Mag.	
				Max.	Min.
Tucana	. . . .	0h 18.4m	— 62° 14′	8.7	< 11.6
Pictor	A.G.C. 5428	4 43.5	— 49 25	8.1	9.5
Lepus	S B.D.—22° 995	5 0.6	— 22 2	8.2	10.9
Pictor	Z.C. 5h 283	5 8.3	— 48 38	8.6	< 13.3
Scorpius	. . . .	17 35.1	— 43 42	9.3	12.7
Telescopium . .	. . . .	20 7.6	— 47 18	8.4	11.6
Indus	Z.C. 20h 1539	20 49.6	— 54 42	8.4	< 12.4
Octans	. . . .	20 57.4	— 82 30	9.0	< 12.5
Grus	. . . .	21 42.1	— 47 22	8.4	< 12.5
Aquarius	. . . . . .	22 13.2	— 21 26	8.4	11.6
Phœnix	A.G.C. 32334	23 53.9	— 57 8	7.2	8.7

Diese sämtlichen Sterne besitzen ein Spektrum des III. Typus und zeigen helle Wasserstofflinien, wodurch sie sich sogleich der Veränderlichkeit verdächtig machen.

T. E. Espin hat auf dem Wolsingham Observatorium folgende Sterne als veränderlich erkannt [1]):

Name	R.A. (1900) h m	Dekl. (1900) ° ′	Var.	Typus
D.M. + 62°.161	0 45.3	+ 62 23	8.7 bis ?	III
Es-Birm. 13	0 49.0	+ 58 1	8.6 » 10.5	IV
Anonyma	1 49.7	+ 58 46	9.3 » 10.8	IV
D.M. + 54°.622	2 49.6	+ 54 15	8.9 » 9.6	III
D.M. + 50° 2251 . . .	16 1.5	+ 50 47	7.8 » 8.9	IV
Anonyma	17 54.9	+ 58 14	8.0 » ?	IV
Anonyma	19 16.9	+ 37 41	8.3 » 10.3	IV

Der veränderliche Stern 3416 S Velorum, am südlichen Himmel, bildet nach Prof. Roberts ein Doppelsystem, in welchem ein schwach leuchtender Hauptstern von einem hellen, aber kleineren Begleiter umkreist wird. Der Hauptstern ist hiernach 9.25, der Begleiter 8. Grösse. Wenn der Veränderliche im kleinsten Lichte erscheint, so sendet uns nur der Hauptstern Licht zu, und dies dauert länger als 6 Stunden, im Maximum kommt uns dagegen das Licht beider Komponenten zu, und diese erscheinen als Stern 7.85 Grösse. Prof. Roberts drückt sein Bedauern darüber aus, dass auf der südlichen Erdhälfte sich kein Spektroskop befindet, welches kraftvoll genug ist, den Veränderlichen in den verschiedenen Phasen zu beobachten und die Bewegungen der beiden Komponenten messbar zu verfolgen. Ein 24zölliges photographisches Teleskop wird nächstens die Kap-Sternwarte erhalten, allein Keeler macht mit Recht darauf aufmerksam, dass selbst ein solches Instrument schwerlich im stande sein dürfte, die Linienverschiebungen im Spektrum eines Sternes 8. bis 9. Grösse zu zeigen [2]).

[1]) Monthly Notices **55.** Nr. 4. p. 222.
[2]) Astrophys. Journal **1.** Nr. 3. p. 262. 1895.

Der veränderliche Stern δ im Cepheus, welcher innerhalb einer Zeitdauer von 5 Tagen 8^h 47^m 40^s mit grosser Regelmässigkeit seine Helligkeit zwischen 3.7 und 4.9 Grösse verändert, ist von A. Bélopolsky in Pulkowa spektroskopisch untersucht worden. Die Beobachtungen erstrecken sich über die Zeit vom 3. August bis 11. September 1894. Das Spektrum gehört zum Typus IIa der Sternspektren und ist ähnlich demjenigen von α Bootis, und seine Linien zeigen innerhalb der Periode des Lichtwechsels geringe Verschiebungen. Der Stern beschreibt daher während dieser Zeit gleichzeitig mit einem anderen Sterne eine geschlossene Bahn um den gemeinsamen Schwerpunkt, so dass es sich also in diesem Falle, ähnlich wie beim Algol, um einen überaus engen Doppelstern handelt, der im Fernrohre nicht zu trennen ist. Nach der von J. Lehmann-Filhés angegebenen Methode hat Bélopolsky aus seinen Messungen der Linienverschiebung und den Spektrogrammen näherungsweise Bahnelemente dieses Doppelsternes abgeleitet. Die Umlaufszeit ist natürlich gleich der Periode des Lichtwechsels, die Geschwindigkeit in der Bahn bloss $2^3/_4$ geogr. Meilen in der Sekunde, der Radius der Bahn 180000 Meilen, und das ganze System nähert sich uns mit einer Geschwindigkeit von etwa $2^1/_2$ Meilen.

Die periodischen Lichtänderungen von Z Herculis sind von N. C. Dunér genauer untersucht worden[1]). Er kommt bezüglich der Ursache des Lichtwechsels zu folgendem Ergebnisse: »Z Herculis besteht aus zwei Sternen von gleicher Grösse, von denen aber der eine doppelt so hell ist als der andere. Diese Sterne bewegen sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt in einer elliptischen Bahn, deren halbe grosse Axe sechsmal grösser ist als der Durchmesser der Sterne. Die Ebene dieser Bahn geht durch die Sonne, ihre Exzentrizität ist 0.2475, und die Apsidenlinie macht mit der Gesichtslinie einen Winkel von 4^0. Die Sterne vollenden einen Umlauf in 3^d 23^h 48^m 30^s«. Hiernach nimmt Z Herculis unter den Sternen des Algoltypus eine besondere Stellung ein, er bildet das bisher noch vermisste Zwischenglied zwischen Algol und Y Cygni.

Die Parallaxe von η Cassiopejae. In der Zeit vom 30. Juli 1870 bis 21. Dezember 1873 hat Rutherfurd 27 Negative der Sterne um η Cassiopejae aufgenommen. Hermann S. Davis hat diese Aufnahmen untersucht[2]) und vermessen zum Zwecke, daraus eine jährliche Parallaxe von η Cassiopejae abzuleiten. Die Aufnahmen wurden auf die Epoche 1872.0 reduziert unter Annahme der von Auwers gegebenen Eigenbewegung von jährlich $+ 0.1346^s$ in Rektaszension und $-0.481''$ in Deklination. Der Ort von η Cassiopejae ist für 1872.0 hiernach:

Rektaszension 0^h 41^m 22.108^s, Deklination $+ 57^0$ $8'$ $10.50''$.

---

[1]) Astrophys. Journal 1. p. 285 u. ff.
[2]) Contr. from the Columbia-College-Observatory, New-York. Nr. 6.

Es wurden zur Ermittelung der parallaktischen Verschiebung sechs Sternpaare verglichen, von denen jedoch nur drei eine solche Lage besitzen, dass der Wert der Parallaxe eine erheblich grössere Sicherheit gewinnt. Aus diesen drei Sternpaaren folgt als wahrscheinlichste Parallaxe von η Cassiopejae $\pi = 0.443'' \pm 0.043''$. Werden die Messungen sämtlicher sechs Paare vereinigt, so ergiebt sich als Parallaxe $\pi = 0.465'' \pm 0.044''$. Hermann S. Davis nimmt den ersten Wert als definitiv an.

Früher hat Otto Struve als Parallaxe von η Cassiopejae $\pi = 0.154'' \pm 0.045''$ gefunden; Schweizer und Sokoloff fanden $\pi = 0.2750'' \pm 0.0551''$, doch zeigen diese sämtlichen Messungen nur geringe innere Übereinstimmung.

Doppelsternbahnen. Die Bahnen verschiedener Doppelsterne wurden 1894 teils zum ersten Male, teils genauer berechnet. Die folgende. Tabelle giebt eine Übersicht derselben und der Orte, wo die Berechnung publiziert ist.

Stern	Umlaufsdauer in Jahre	Berechner	Quellen
$o\Sigma$ 82	90.54	J. E. Gore	M. N. 1894, Juni.
$o\Sigma$ 224	96.13	J. E. Gore	Astron. and Astro-Physics 1894, Aug.
β 101	23.33	S. Glasenapp	M. N. 1894, März.
β 416	27 66	S. Glasenapp	Roy. Soc. N. S. Wales 1894, 6. Juni.
70 Ophiuchi	88.40	W. Schur	A. N. 3220—21.
η Cassiopejæ	208.1	T. Lewis	M. N. 1894, November.
Sirius	50 99	C. P. Howard	Astron. and Astro-Physics 1894, Juni.
Sirius	51.97	S. W. Burnham	Vol. II. Lick Publications
K Pegasi	11 37	S. W. Burnham	» » » »
τ Cygni	36 5	S. W. Burnham	» » » »

Der Sternhaufen Präsepe ist von Prof. Schur mit dem grossen Göttinger Heliometer neu vermessen worden[1]. Die Messungen wurden in den Jahren 1889—1893 ausgeführt und lieferten eine vollständige, nur aus Distanzmessungen bestehende Triangulation, wobei die einzelnen Sterne mindestens gegen drei andere festgelegt sind. Ferner wurden zur Orientierung der ganzen Gruppe gegen den Äquator zwei längere Linien zwischen je zwei Sternen durch mehrfache Positionswinkelmessungen einerseits und durch Beobachtungen an Meridiankreisen anderseits festgelegt. Auf diese Weise wurde ein Katalog der Örter von 45 Präsepe-Sternen für das Äquinoktium 1890 und die Epoche 1890.54 erhalten. In den Jahren 1857 und 1858 hatte Winnecke am Heliometer der Sternwarte zu Bonn ebenfalls die Hauptsterne der Präsepe vermessen, doch wurden seine darauf basierten Untersuchungen nicht veröffentlicht, da er sie nicht beendigen konnte. Dies hat nunmehr Prof. Schur nachgeholt, so dass jetzt auch die Ergebnisse der Winnecke'schen Messungen in einem Kataloge von 45 Sternen für das

[1] Astr. Mitt. von der Sternwarte zu Göttingen 4. Göttingen 1895.

Nr. Schur	Grösse	Rektaszension		Deklination			Präzession
		8h		+			s
1	8.7	30m	21.849s	20°	26′	50.10″	+ 3.4672
2	8.0	30	25.764	20	9	59.89	3.4612
3	8.2	30	30.024	19	57	8.46	3.4567
4	7.2	30	36.783	19	42	5.21	3.4513
5	8.0	31	10.328	20	38	33.36	+ 3.4703
6	8.3	31	26.141	20	25	33.35	+ 3.4653
7	8.7	31	36.508	19	56	14.89	3.4549
8	8.4	31	51.877	20	26	12.92	3.4650
9	9.1	31	53.252	20	33	15.61	3.4674
10	7.8	31	55.269	20	6	50.96	+ 3.4582
11	8.5	31	58.479	20	1	47.41	+ 3.4564
12	8.7	32	7.421	20	29	27.15	3.4658
13	9.0	32	21.191	20	36	25.90	3.4679
14	8.0	32	30.967	20	31	29.86	3.4660
15	7.4	32	31.651	20	13	1.84	+ 3.4595
16	7.9	32	34.981	19	42	50.61	+ 3.4490
17	6.9	32	40.344	19	58	47.58	3.4544
18	7.6	32	46.129	19	59	32.21	3.4545
19	8.9	32	46.414	20	35	51.40	3.4671
20	8.0	32	47.418	20	58	51.10	+ 3.4543
21	9.3	32	49.381	20	34	30.47	+ 3.4666
22	6.7	32	54.862	20	26	50.77	3.4638
23	7.0	33	0.017	20	24	39.80	3.4629
24	8.1	33	7.826	19	58	20.08	3.4536
25	8.3	33	10.080	20	7	37.12	+ 3.4568
26	7.3	33	10.359	19	47	21.37	+ 3.4498
27	7.2	33	11.475	20	6	37.27	3.4564
28	7.9	33	12.415	20	16	31.38	3.4598
29	8.3	33	14.780	20	37	20.94	3.4670
30	9.1	33	15.399	20	7	36.43	+ 3.4567
31	6.9	33	16.728	19	59	7.37	+ 3.4537
32	8.5	33	23.612	19	38	6.63	3.4463
33	8.0	33	29.803	19	40	9.64	3.4469
34	7.3	33	32.521	20	9	37.73	3.4570
35	8.4	33	40.375	20	42	28.74	+ 3.4682
36	8.6	33	45.718	20	22	35.62	+ 3.4612
37	7.6	33	45.997	20	1	19.14	3.4538
38	9.0	33	59.781	20	16	18.68	3.4587
39	8.7	34	2.644	20	21	51.68	3.4606
40	8.2	34	8.977	19	42	12.60	+ 3.4468
41	8.6	34	24.475	20	6	20.24	+ 3.4547
42	9.2	34	31.897	20	6	14.42	3.4545
43	7.4	34	39.165	20	19	4.80	3.4588
44	8.6	34	41.517	20	36	12.00	3.4646
45	8.4	34	56.818	19	51	20.35	+ 3.4488

und säkulare Variation			Eigenbewegung	
s	"	"	s	"
— 0.0131	— 12.234	— 0.395	— 0.0049	+ 0.017
0.0129	12.238	0 395	0.0054	+ 0.011
0 0128	12.243	0.394	0.0046	+ 0.006
0.0127	12.251	0.393	0.0054	+ 0.007
— 0.0132	— 12.289	— 0.395	— 0.0005	+ 0.038
— 0 0131	— 12.308	— 0.393	— 0.0054	+ 0.012
0.0129	12 320	0.392	0.0050	+ 0.012
0 0131	12.337	0.393	0.0051	+ 0.005
0.0132	12.339	0.393	0.0046	+ 0.005
— 0.0130	— 12.341	— 0 392	— 0.0048	+ 0.007
— 0.0130	— 12 345	— 0.392	— 0.0048	+ 0.008
0.0132	12.355	0.393	0.0008	+ 0.015
0.0133	12.371	0 393	0.0026	+ 0.036
0.0132	12.382	0.392	0.0051	+ 0.019
— 0.0131	— 12.383	— 0.392	— 0.0049	+ 0.017
— 0 0128	— 12 387	— 0.390	— 0.0053	+ 0.007
0 0129	12.393	0.391	0.0051	— 0.001
0.0130	12.400	0.391	0.0046	— 0.007
0.0133	12.400	0 392	0.0045	+ 0.008
— 0.0130	— 12 401	— 0.391	— 0.0053	— 0.006
— 0.0133	— 12.403	— 0.392	— 0.0041	+ 0 009
0.0132	12.410	0.392	0 0050	+ 0.010
0.0132	12.416	0.391	0.0047	+ 0 009
0 0130	12.424	0 390	0.0041	+ 0.004
— 0.0131	— 12.427	— 0.390	— 0 0047	+ 0.004
— 0.0129	— 12.427	— 0.389	— 0.0052	+ 0.001
0.0130	12.420	0.390	0.0046	— 0.001
0 0131	12.430	0.391	0.0047	+ 0 001
0.0133	12.432	0.391	0.0044	+ 0.010
— 0.0131	— 12 433	— 0.390	—	—
— 0.0130	— 12.435	— 0.390	— 0 0043	+ 0.005
0.0128	12.443	0.389	0.0049	+ 0.005
0.0128	15.450	0.389	0.0041	— 0 002
0.0131	12.453	0.390	0.0037	+ 0.012
— 0.0134	— 12.462	— 0.391	— 0.0045	+ 0 004
— 0.0132	— 12.468	— 0.390	— 0.0037	+ 0 003
0.0130	12.468	0.389	0.0040	+ 0.005
0.0132	12 484	0.389	0.0043	+ 0.008
0.0132	12.487	0.390	0.0044	+ 0.005
— 0.0129	— 12.494	— 0.388	— 0 0040	+ 0.001
— 0.0131	— 12.512	— 0.388	— 0.0028	+ 0.012
0.0131	12.521	0.388	0.0044	+ 0.036
0.0132	12.529	0.388	0.0043	+ 0.005
0.0134	12.531	0.389	0.0044	+ 0.015
— 0.0130	— 12.549	— 0.387	— 0.0034	+ 0.028

Äquinoktium 1860.0 und die Epoche 1858.0 vorliegen. Es bot sich daher die Gelegenheit einer Vergleichung der Resultate der Vermessung am Bonner und Göttinger Heliometer, um möglicherweise abweichende Eigenbewegungen einiger Sterne der Gruppe zu erkennen, da die Epochen der beiden Beobachtungsreihen doch immerhin 30 Jahre auseinander liegen. Zunächst war hierzu erforderlich, ein Urteil über die Genauigkeit zu gewinnen, womit die Sternörter für die beiden Epochen festgelegt sind. Diese Untersuchung hat Prof. Schur ausgeführt, wobei sich ergab, dass die Göttinger Heliometermessungen den Bonner Messungen an Genauigkeit erheblich überlegen sind. Im allgemeinen ergab sich, dass die Gesamtunsicherheit, der die Vergleichung eines Ortes aus den beiden Vermessungen unterworfen sein kann, mindestens $\pm$ 0.27″ beträgt, so dass also nach Anbringung aller Reduktionen eine Abweichung von $^1/_4$″ in beiden Vermessungen noch keinen Schluss auf das Vorhandensein einer Eigenbewegung gestattet. Die genauere Untersuchung ergab, dass bei sechs Sternen der Gruppe abweichende Eigenbewegungen vorhanden sind, und zwar fällt bei fünf derselben die Richtung der Bewegung in denselben Quadranten des Positionswinkels. Bei den übrigen Sternen ist die Abweichung von der allgemeinen Eigenbewegung der Gruppe so gering, dass sie durch zufällige Beobachtungsfehler hinreichend erklärt werden.

Als Endergebnis der ganzen Untersuchung erhält man den S. 72 u. 73 aufgeführten Katalog der Präsepe-Sterne, bezogen auf das Äquinoktium und die Epoche 1875.0 und begründet auf den Fundamentalkatalog der astronomischen Gesellschaft nebst Präzessionen nach O. Struve, und Eigenbewegungen, bezogen auf das System Auwers-Bradley.

Die scheinbare Verteilung der Sterne in der Milchstrasse. C. Easton, dem wir bekanntlich eine vortreffliche Karte der Milchstrasse verdanken, hat es unternommen, die Verteilung der Sterne in einem Teile der Milchstrasse zu untersuchen, in der Absicht, eine etwaige Beziehung der hellen Sterne zu den schwachen Sternen der Milchstrasse zu ermitteln[1]). Da es nicht angeht, einen grösseren Teil der Milchstrasse in dieser Beziehung zu untersuchen, so wählte er einige Regionen derselben im Sternbilde des Adler. Diese Regionen sind folgende:

Rektaszension		Deklination		
von	bis	von	bis	
18h 20m	19h 0m	0°	+3°	A
18 20	19 0	+3	+6	B
19 0	19 40	0	+3	C
19 0	19 40	+3	+6	D

In den Regionen A und B ist die Milchstrasse weniger hell als in C und D, und überhaupt ist sie am schwächsten in der Region A, am hellsten in der Region D.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3270.

Um nun eine etwaige Beziehung der Sterne zu dem Aussehen der Milchstrasse in diesen Regionen zu ermitteln, wurden folgende Arbeiten über die Sternverteilung in Betracht genommen. Zunächst die Durchmusterung des Himmels von Argelander, welche die Sterne 1. bis 9.5 Grösse enthält. Dieselben sind nach halben Grössenklassen und Quadratgraden des Himmels aufgezählt. Dann die Sternzählungen bis etwa 11. Grösse von Celoria, welche nach Trapezen von 10^m Rektaszension und 17′ Deklination gegeben sind. Dieselben wurden zu zwei und zwei in Deklinationen kombiniert. Endlich lieferten einige Sternaichungen ergänzendes Material. Easton giebt über das Verhalten der Häufigkeit der verschiedenen Sternklassen in den oben bezeichneten Bezirken A bis D und das Aussehen der Milchstrasse folgende Tabelle:

Sterngrösse	Bezirk C + D	Bezirk A + B	Sterne mehr i. Bezirke C + D	Bezirk D	Bezirk A	Sterne mehr i. Bezirke D
1 bis 6.5 Bonner . . .	9	8	+ 1	4	4	0
6.6 » 7.0 Durchmust.	17	11	+ 6	10	3	+ 7
7.1 » 7.5 » . . .	16	18	— 2	11	6	+ 5
7.6 » 8.0 » . . .	27	36	— 9	14	23	— 9
8.1 » 8.5 » . . .	64	78	— 14	37	38	— 1
8.6 » 9.0 » . .	185	171	+ 14	110	73	+ 37
9.1 » 9.5 » . .	1035	955	+ 80	566	432	+ 134
1 » 11 (Celoria). . .	4476	2924	+1552	2658	1189	+1469
Milchstrasse	hell	schwach	+	sehr hell	sehr schwach	+

Man ersieht aus diesem Zusammenhange, dass der Einfluss der Milchstrasse sich erst in den Sternen von der 9. Grösse ab bemerkbar zu machen beginnt, und zwar immer deutlicher, je lichtschwächer die Sterne sind. Dieses Ergebnis, auf welches Easton Nachdruck legt, ist übrigens schon vor vielen Jahren von R. Wolf in Zürich gefunden worden, als dieser die Verteilung der 8377 Sterne 1. bis 7.5 Grösse des Baily'schen Sternkataloges der British Association, welcher beide Himmelshälften umfasst, untersuchte. Wolf fand damals: 1. dass der südliche Himmel weit sternreicher ist als der nördliche; 2. dass die beiden nördlich und südlich dem Äquator zunächst liegenden Zonen trotz ihrer grösseren Fläche absolut sternärmer sind als die ihnen folgenden; 3. dass die Milchstrasse sich in dieser Sternansammlung noch nicht deutlich abzeichnet, wenngleich sie, allerdings im ganzen genommen, die reicheren Partien des Sternhimmels durchzieht.

Easton hat auch für eine Zone der Milchstrasse im Schwane, welche einen der hellsten Flecke und ebenso eine der dunkelsten Stellen derselben enthält, die Häufigkeit der Sterne der Bonner Durchmusterung untersucht und wiederum gefunden, dass die Sterne 9. bis 9.5 Grösse bereits in bezug auf ihre Zahl eine Beziehung zu

der Helligkeit der Milchstrasse andeuten. Diese Beziehung tritt in den Sternmessungen und den Zählungen der Sterne auf einigen photographischen Aufnahmen von Prof. Max Wolf immer deutlicher hervor, je lichtschwächer die Sterne sind. Auf dieses Resultat legt Easton bedeutendes Gewicht. Indessen bedarf man, um zu dieser Einsicht zu gelangen, keiner umständlichen Vergleichungen und Rechnungen. Denn da die Milchstrasse erwiesenermassen fast nur aus sehr schwachen Sternen besteht, von denen die meisten sogar jenseits der Leistungsfähigkeit grosser Teleskope liegen, so ist von selbst klar, dass das Übergewicht der Sterne in dem Streifen, welcher die Milchstrasse durchzieht, um so deutlicher hervorkommen muss, je lichtschwächere Sterne man in Betracht zieht. Das ist die unmittelbare Thatsache, es fragt sich nur, wie sie zu erklären ist. Struve, der zuerst ausgedehnte Untersuchungen nach dieser Richtung angestellt hatte, kam zu dem Resultate, dass die Erscheinung der Sternhäufung oder Kondensation und der Anblick der Milchstrasse identische Erscheinungen sind, und dass die wahren mittleren Distanzen der Sterne voneinander in dem Masse kleiner sind, als die Sterne der Ebene der Milchstrasse näher stehen. Man kann diesem Ergebnisse insofern nur beistimmen, als es sich um die mittleren *scheinbaren* Distanzen der Sterne voneinander handelt, da ja die wahren Entfernungen uns nicht bekannt sind. Easton kommt zu dem weiteren Ergebnisse, dass die Hypothese einer relativ gleichförmigen Verteilung der Sterne und Sternhaufen in der Ebene der Milchstrasse mit den von ihm angestellten und oben mitgeteilten Vergleichungen nicht zu vereinigen ist. Denn in diesem Falle müsste man annehmen, dass die Minima und Maxima der Sternhäufigkeit sich nach allen Richtungen zufällig verteilt darstellten, keineswegs aber in bestimmten Richtungen häufiger auftreten. Auch müsste man schliessen, dass die grosse Mehrzahl der Milchstrassensterne nicht viel weiter von uns entfernt sei als die Sterne 9. und 10. Grösse. Das Zusammenfallen der grössten Häufigkeit der Sterne 9. bis 15. Grösse mit den hellsten Regionen der Milchstrasse und deren relative Seltenheit an den Stellen, wo die Milchstrasse schwach ist, beweise eine wirkliche Beziehung dieser Sterne zur Milchstrasse selbst. »Die Kompliziertheit des Milchstrassenbildes und der Umstand, dass die erwähnte Beziehung sowohl in sternarmen als hellen Regionen gefunden wird, verbietet die Annahme, dass wir in allen diesen Fällen nur auf unregelmässige Sternhaufen getroffen seien, die uns zufällig näher stehen, aber nicht einer sehr ausgedehnten Zone angehören.« Easton hält die Hypothese eines Sternringes, der von dem zentralen Teile des grossen Milchstrassensystems relativ isoliert ist, nicht für unvereinbar mit der Thatsache, dass an mehreren Stellen Sterne heller als 9. Grösse an der Milchstrasse zu partizipieren scheinen. Ebensowenig sei erwiesen, dass alle Teile dieses hypothetischen Ringes, dessen sehr grosse Unregelmässigkeit klar eine Betrachtung der Zeichnungen oder Photographien der

Milchstrasse ergebe, von uns sich in überall gleicher Entfernung befänden. Es erscheine vielmehr nicht unmöglich, dass spätere Untersuchungen das Vorhandensein einer oder mehrerer Spiralen erweisen würden.

Neue Berechnung der Eigenbewegung des Sonnensystems. Prof. H. G. van de Sande-Bakhuyzen hat eine neue Berechnung des Punktes am Himmel, gegen welchen die Bewegung der Sonne gerichtet ist, ausgeführt[1]). Die Sterne, deren Eigenbewegung er hierbei benutzte, sind diejenigen des Auwers-Bradley'schen Katalogs, und als Berechnungsmethode diente die früher von Airy angegebene. Es wurden hierbei zwei Gruppen von Sternen gesondert untersucht, die bezüglich ihrer Eigenbewegungen wahrscheinlich die grössten Unterschiede zeigen werden, nämlich einerseits Sterne ausserhalb der Milchstrasse und anderseits solche, die in der Milchstrasse stehen.

Zur ersten Gruppe wurden diejenigen Sterne gezählt, welche von dem Pole der Milchstrasse (in 192° Rektaszension und 28° n. Deklination) weniger als 50° entfernt stehen. Die Anzahl dieser Sterne in dem oben bezeichneten Kataloge ist 579. Die in Rede stehende Region des Himmelsgewölbes wurde in 37 Trapeze von je 15° in Deklination und 15° in der Richtung der Parallelkreise geteilt und für jedes Trapez der mittlere Wert der Eigenbewegungen in Rektaszension und Deklination der darin stehenden Sterne berechnet. Auf diese Weise wurden 37 Normalbestimmungen erhalten, welche die Grundlage der eigentlichen Rechnung bilden. Aus ihnen ergab sich als wahrscheinlichster Wert für die Lage des Punktes am Himmel, gegen den die Sonnenbewegung gerichtet ist:

Rektasz.	264°	21′	mittl. Fehler:	7°	46′	1)
n. Dekl.	30	3	» »	4	47	

Für die scheinbare (Winkel-) Bewegung q der Sonne in 100 Jahren, gesehen aus der mittleren Entfernung eines Sternes 6. Grösse, fand sich:

$$q = 5.799'' \text{ wahrsch. Fehler } 0.470''.$$

Als Sterne, die in der Milchstrasse stehen, wurden diejenigen des obigen Kataloges ausgesucht, welche in den Zeichnungen Boeddicker's von der Milchstrasse umschlossen werden. Sie wurden dann in zwei Unterabteilungen getrennt, nämlich in solche, welche eine grössere Eigenbewegung als 0.100″, und solche, deren Eigenbewegung weniger als 0.05″ beträgt. Die erste Gruppe (von 96 Sternen) ergab für den Punkt der Sonnenbewegung:

Rektaszension	276°	48′	mittl. Fehler:	9° 35′	
n. Deklination	31°	23′	» »	9° 14′	2)

---

[1]) Bulletin Astron. **12.** p. 97. 1895.

Scheinbare Eigenbewegung q der Sonne in 100 Jahren, gesehen aus der mittleren Entfernung der Sterne dieser Gruppe: 35.606″ mittl. Fehler 5.15″.

Die andere Abteilung, aus (430) Sternen bestehend, deren Eigenbewegung geringer als 0.05″ ist, liefert folgende Werte für den Punkt der Sonnenbewegung:

Rektaszension	276° 51′	mittl.	Fehler:	3° 31′	
n. Deklination	8° 46′	»	»	3° 55′	3)
q =	1.9665″	»	»	0.1667″	

L. Struve hat früher den Ort am Himmel, gegen welchen sich die Sonne hin bewegt, aus den Eigenbewegungen sämtlicher Sterne des Bradley'schen Kataloges abgeleitet und folgendes Resultat erhalten:

Rektaszension	273° 21′	mittl.	Fehler:	4° 16′
n. Deklination	27° 19′	»	»	1° 43′
q =	4.364″	»	»	0.254″

Mit diesem Ergebnisse stimmen am besten die oben unter 1) und 3) angegebenen Resultate. Indessen zeigt Prof. van de Sande-Bakhuyzen, dass das stärker abweichende Ergebnis aus den Sternen mit sehr schwacher Eigenbewegung keineswegs darauf zurückzuführen ist, dass diese etwa einem besonderen Systeme angehörten, sondern dass vielmehr alle in Betracht gezogenen Sterne des Bradley'schen Kataloges, was ihre Eigenbewegungen anbelangt, wahrscheinlich einem und demselben Systeme angehören.

Die periodischen Veränderungen des Spektrums von β Lyrae. Als Pickering im Jahre 1891 das Spektrum des bekannten veränderlichen β Lyrae nach photographischen Aufnahmen studierte und Änderungen in der Anordnung der dunklen und hellen Linien des Spektrums gefunden, die mit der Periode des Lichtwechsels in Beziehung stehen, forderte er Lockyer auf, in Kensington dieses höchst interessante Objekt gleichfalls spektrophotographisch zu untersuchen. Diese Arbeit wurde bereits im Juli 1891 mit einem schwächeren Apparate begonnen und dann mit einem stärkeren fortgesetzt. Unterdes sind Berichte über das photographische Spektrum von β Lyrae veröffentlicht von Belopolsky, Sidgreaves und Vogel, und Lockyer sieht sich veranlasst, einen kurzen vorläufigen Abriss der bisher ermittelten Resultate zu geben, obwohl die Reduktionen der 64 Photogramme, die er erhalten, noch nicht beendet sind, und zu einem vollständigen Studium des Problems mehr Photographien erforderlich sind. Er beschränkt sich in seiner Mitteilung[1]) auf die Darstellung der Änderungen des Spektrums nach den aufgenommenen Photographien in Kensington und behält

[1]) Proceedings of the Royal Society **56.** Nr. 337. p. 278. 1894.

sich vor, in einer späteren Abhandlung ausführlicher auf den Gegenstand und die Ansichten anderer Forscher einzugehen.

Die Resultate der vorläufigen Untersuchung seiner Photographien fasst Lockyer in folgende Sätze zusammen.

1. Das Spektrum ist konstant in demselben Abstande vom Hauptminimum. Man muss hierbei indessen von leichten Verschiedenheiten absehen, welche durch Unterschiede in den atmosphärischen Verhältnissen und somit in der Beschaffenheit der Negative veranlasst werden. Während der Periode eines Lichtwechsels des Sternes, welche etwa 12 Tage und 22 Stunden dauert, findet man stets in gleichem Abstande vom Minimum das gleiche Spektrum.

2. Die Änderungen, die sich auf den Photographien zeigen, sind dreierlei Art: a. Periodische Variationen in den relativen Intensitäten der Linien; b. Periodische Verdoppelungen einiger dunklen Linien; c. Periodische Änderungen in den Lagen der hellen Linien in bezug auf die dunklen.

3. Wir haben es hier mit zwei Körpern zu thun, welche Spektra mit dunklen Linien geben. Auf einer Tafel, auf welcher 13 Photographien, jede ungefähr für einen Tag der Lichtwechselperiode, zusammengestellt sind, sieht man, dass kurz vor und kurz nach dem zweiten Maximum einige dunkle Linien verdoppelt sind. Dies beweist das Vorhandensein von zwei Lichtquellen, welche Spektra mit dunklen Linien geben und sich relativ zu einander in der Richtung der Gesichtslinie bewegen. Wenn die relative Bewegung in der Gesichtslinie Null ist, so ist keine der dunklen Linien doppelt. Dieses tritt um die Zeit der beiden Minima ein.

4. Die grösste relative Geschwindigkeit der beiden die dunklen Linien gebenden Komponenten in der Gesichtslinie beträgt etwa 156 englische Meilen (etwa 250 *km*) in der Sekunde. Der grösste Abstand der dunklen Linien zeigt sich um die Zeit des zweiten Maximums, und die relativen Geschwindigkeiten, die aus der Verschiebung von drei Linienpaaren auf der Photographie vom 24. August 1893 bestimmt wurden, betrugen für die Linie $H\gamma$ 155 Meilen, für $H\delta$ 154 Meilen und für die Linie $\lambda = 4025$ etwa 158 Meilen.

5. Eine der Sternkomponenten mit dunklen Linien zeigt grosse Ähnlichkeit mit dem Sterne Rigel, die andere mit Bellatrix. Die Spektra der beiden Komponenten wurden leicht getrennt, da nur die gemeinsamen Linien doppelt erscheinen, und hierzu gehören die Wasserstofflinien; hingegen sind die Linien, welche nur einer von den Komponenten angehören, stets einfach und behalten die ganze Periode hindurch dieselbe Lage gegen die Wasserstofflinien. Auf einer Tafel ist eine Photographie von β Lyrae zur Zeit des zweiten Maximums dargestellt, darüber die Photographien der Spektra von Rigel und Bellatrix. Der zusammengesetzte Charakter des dunklen

Linienspektrums von β Lyrae zu dieser Zeit zeigt sich nun darin, dass eine Gruppe von Linien sehr nahe denen entspricht, welche im Spektrum von Rigel erscheinen, und wenn man diese aus dem ganzen Spektrum herausnimmt, so bleibt ein Spektrum, das dem von Bellatrix sehr ähnlich ist. Auf der Photographie ist dieses Spektrum nach der brechbareren Seite verschoben. Es soll zwar nicht behauptet werden, dass die Spektra der beiden Komponenten, welche dunkle Linien geben, identisch sind mit denen von Rigel und Bellatrix; vielmehr sind diese nur gut bekannte Sterne, denen jene am meisten ähnlich sind. Diese Ähnlichkeit deutet darauf hin, dass wir es nicht mit Sternen von unbekanntem Typus zu thun haben. Die beiden Komponenten können daher bezw. als R und B bezeichnet werden.

6. Wenn die beiden Sterne in der Richtung der Gesichtslinie stehen, so treten partielle Verfinsterungen ein; dies ist der Fall in der Nähe der Minima der Lichtkurve. Die Unterschiede in den Intensitäten der dunklen Linien von R und B in der Nähe der beiden Minima zeigen, dass in der Nähe des Hauptminimums R teilweise verfinstert ist durch B, und im sekundären Minimum B teilweise verfinstert durch R. Wenn man von den hellen Linien absieht, so gleicht im Hauptminimum das Spektrum von β Lyrae dem von Bellatrix, also liegt in diesem Falle die Komponente B zwischen uns und der Komponente R. Da aber die Verfinsterung keine totale ist, so sieht man auch Linien von R, aber sie sind bedeutend an Intensität schwächer. Im sekundären Minimum ist das Verhältnis umgekehrt. Wären die Verfinsterungen total, so würden die Änderungen des Spektrums noch auffallender sein.

7. Ausser den dunklen Linien sind mehrere helle vorhanden, welche ihre Lage gegen die dunklen ändern. Die Photographien zeigen helle Linien bei den Wellenlängen 4862 (Hβ), 4715, 4471, 4388, 4340 (Hγ), 4101 (Hδ), 4025 und 3887 (Hζ), andere schwächere erscheinen nur auf den besten Photographien. Die Linie bei 4471 ist die wohl bekannte Linie der Sonnenchromosphäre, und die Linien bei 4025 und 4715 gehören zu den hellsten Linien, die während der totalen Sonnenfinsternis am 16. April 1893 mit der prismatischen Kammer photographiert worden. Die von Prof. Pickering beschriebene Verschiebung der hellen Linien wird im wesentlichen durch die Kensington-Photographien bestätigt. In den sieben Photographien der ersten Tage zwischen dem Haupt- und dem sekundären Minimum liegen die hellen Linien an der weniger brechbaren Seite der dunklen; beim sekundären Minimum werden die breiten, hellen Linien von den dunklen halbiert, und zwischen dem sekundären und dem Hauptminimum sind die hellen Linien brechbarer als die dunklen. Bei der Untersuchung der Bewegungen der hellen Linien muss man jedoch die jetzt erkannte Thatsache berücksichtigen, dass es zwei Gruppen von dunklen Linien giebt. Betrachtet man nun die Verschiebungen der hellen Linien in bezug zu

den dunklen der Komponente R, so findet man, dass sie stets in derselben Richtung erfolgen, wie die der Komponente B in bezug auf R. Also in der ersten Hälfte der Periode sind die hellen Linien ebenso wie die dunklen der Komponente B weniger brechbar als die Komponente R, während sie in der zweiten Hälfte brechbarer sind. In Beziehung zu den Linien der Komponente B haben die hellen Linien keine konstante Lage.

8. Die hellen Linien sind am hellsten kurz nach dem sekundären Minimum. Würde die Helligkeit der Linien in Wirklichkeit konstant bleiben, so würden sie in den beiden Minima relativ am hellsten erscheinen, weil dann das kontinuierliche Spektrum schwächer ist, und aus diesem Grunde müssten sie im Hauptminimum heller erscheinen als im sekundären. Die unabhängigen Helligkeitsschätzungen von vier Personen stimmen jedoch darin überein, dass auch, wenn man den Änderungen des kontinuierlichen Spektrums Rechnung trägt, ein Maximum der Helligkeit der hellen Linien etwa einen halben Tag nach dem sekundären Minimum auftritt. Die scheinbare Zunahme der Helligkeit in der Nähe des Hauptminimums hingegen scheint nur herzurühren von der Abnahme der Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums.

Veränderungen im Spektrum des neuen Sternes im Fuhrmann. W. W. Campbell macht Mitteilungen über Veränderungen, welche jüngst das Spektrum der Nova im Fuhrmann erlitten hat[1]). Die Intensitäten der beiden letzten hervorragend hellen Linien dieses Spektrums haben hiernach sehr erheblich abgenommen. Es sind dies die beiden Linien, deren Wellenlänge $\lambda = 4360$ und $\lambda = 5750$, besonders die erstere Linie war am 28. November 1894 auf etwa $^1/_8$ der Helligkeit von August und September 1892 reduziert. Sie ist nunmehr so fein, dass sie nur mit Mühe gemessen werden kann, und bei der anderen Linie ist dies vielleicht nicht mehr möglich. Auch in dem im September 1892 photographierten Spektrum war die Linie λ 4360 die hellste von allen und sicherlich achtmal so hell als die Linie $H\gamma$; auf einer Photographie vom 28. Nov. 1894 ist sie dagegen schwächer als $H\gamma$. Von besonderem Interesse ist, dass die Linien λ 4360 und λ 5720 die einzigen sind, welche eine Veränderung erlitten haben. Die ersten Messungen des Spektrums im August 1892 zeigten unzweideutig, dass dasselbe ein Nebelspektrum war. Zuerst schienen die beiden genannten Linien in den Nebelspektren zu fehlen, dagegen lieferten photographische Aufnahmen den Beweis, dass die Linie λ 4360 im Spektrum von fünf wohl bekannten Nebeln allerdings vorhanden ist, und sorgfältige Okularbeobachtungen zeigten dann auch die Linie λ 5750 in drei Nebelspektren. Diese Linien waren augenfällig im Spektrum der Nova, aber sehr schwach in den Spektren der Nebelflecke; heute sind sie

[1]) Astrophys. Journal 1. p. 49.

auch im Spektrum der Nova relativ schwach geworden. Die Spektra längst bekannter Nebelflecke zeigen ähnliche Anomalien. Die Linien λ 4472 und λ 4687 erscheinen nicht nur in verschiedenen Nebeln an Intensität verschieden, sondern bei einigen Nebeln fehlen sie völlig. Das Spektrum der Nova im Fuhrmann ist nicht nur ein Nebelspektrum, sondern es nähert sich sogar dem Durchschnittstypus der Nebelflecke überhaupt. Campbell hat die beiden Hauptnebellinien im Spektrum der Nova in bezug auf ihre Wellenlängen im September und November 1894 genau bestimmt. Es fand sich:

7. Sept. 1894 $\lambda = 4958.7$, $\lambda = 5006.4$
28. Nov. » $\lambda = 4958.8$, $\lambda = 5006.8$.

Durch Vergleichung mit den Normalpositionen dieser beiden Linien ergab sich daraus als Eigenbewegung der Nova pro Sekunde:

7. Sept.: — 27 *km*, 28. Nov.: — 13.5 *km*.

Die Beobachtungen am Harvard-College-Observatorium haben gezeigt, dass sowohl die Nova Aurigae als die Nova Normae zur Zeit der Entdeckung wesentlich identische Spektra von hellen und dunklen Linien besassen. Beide nahmen allmählich an Helligkeit ab, und ihr Aussehen näherte sich immer mehr demjenigen des typischen Nebelfleckspektrums. Der neue Stern im Schwane vom Jahre 1876 zeigte ein ähnliches Verhalten: von einem hellen Sterne mit einem Spektrum von hellen und dunklen Linien, nahm er allmählich ab, bis er ein schwaches Objekt wurde, in welchem nur noch eine helle Linie vorhanden war, letztere unzweifelhaft die Nebelflecklinien λ 5010 oder die breite Linie λ 5010 und λ 4960 vereinigt. Sonach haben also von den fünf neuen Sternen, welche seit Erfindung der Spektralanalyse aufgetaucht sind, drei dieselbe spektroskopische Geschichte gezeigt. Dies ist eine bemerkenswerte Thatsache, deren volle Bedeutung wir zur Zeit noch nicht aussprechen können. Ein Resultat dagegen, so schliesst Campbell, ist klar, nämlich, dass die speziellen Theorien, welche mehrere Spektroskopiker zur Erklärung der Vorgänge bei der Nova im Fuhrmann aufgestellt haben, unfraglich einer allgemeinern sämtliche neuen Sterne umfassenden Theorie weichen müssen.

Untersuchungen über die Spektra der helleren Sterne nach den photographischen Aufnahmen auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam. Die in den Jahren 1888 bis 1891 mit dem Spektrographen am elfzölligen Refraktor des Potsdamer Observatoriums zunächst zur Ermittelung der Geschwindigkeitskomponenten in der Richtung der Gesichtslinie gemachten Aufnahmen hellerer Fixsterne sind von Prof. Scheiner auch behufs Verwertung zur Kenntnis der Sternspektra überhaupt untersucht worden. Von diesen Untersuchungen hat derselbe bereits manches veröffentlicht, doch haben seine Ergebnisse, als sich im Laufe der Untersuchungen bessere und sichere Methoden zur Ermittelung der

Wellenlängen ergaben, teilweise Modifikationen erfahren, weshalb er nunmehr die endgültigen Ergebnisse derselben in einer besonderen Arbeit unter obigem Titel veröffentlichte.

Diese Spektralaufnahmen sind zunächst nur zu dem Zwecke, die erwähnten Geschwindigkeitskomponenten der untersuchten Sterne zu ermitteln, angestellt worden. Dieser Umstand hat zur Folge gehabt, dass sämtliche Aufnahmen nur bei der Justierung des Apparates auf die Hγ-Linie hergestellt worden sind, während es im vorliegenden Falle bedeutend vorteilhafter gewesen wäre, wenn von jedem Sterne mindestens zwei Spektra mit verschiedener Justierung aufgenommen worden wären, das eine Mal mit besonderer Berücksichtigung der mittleren Teile, das andere Mal bei möglichster Schärfe der äusseren Partien. Doch besitzen die Aufnahmen trotz dieses ungünstigen Umstandes einen bis dahin von anderer Seite auch nicht annähernd erreichten Linienreichtum.

Der Spektrograph gestattet die Abbildung der Spektra, wenn die Hγ-Linie in der Mitte gelegen ist, von F bis dicht vor H, bei einer linearen Ausdehnung von 7 *cm*. Indessen erreichen aus verschiedenen Gründen, die Prof. Scheiner einzeln aufführt, nur die wenigsten Aufnahmen diese Grenzen wirklich, und es ist daher der zur Untersuchung gelangte Teil der Spektra ziemlich klein, doch war in allen Fällen selbst diese geringe Ausdehnung zu einer sehr präzisen Charakterisierung der Spektra ausreichend. Um den Resultaten einen höheren Grad von Sicherheit zu geben, wurden, wenn irgend möglich, von jedem Sterne zwei Aufnahmen benutzt und hierzu natürlich die besten ausgewählt; die Ausmessung der beiden Aufnahmen fand gänzlich unabhängig voneinander statt. Bei den linienarmen Spektren der I. Spektralklasse, bei welchen die Ausmessung nicht einen so beträchtlichen Arbeitsaufwand erforderte, wie bei denen des II. Typus, wurden alle guten Aufnahmen gemessen; es war dies auch insofern geboten, als bei diesen Spektren die Genauigkeit der Messungen, resp. der Reduktion, beträchtlich hinter derjenigen der linienreichen Spektra geblieben ist.

Es wurden Aufnahmen der folgenden Sterne untersucht: α Andromedae, α Aurigae, β Orionis, α Tauri, α Arietis, β Orionis, α Cygni, α Lyrae, α Ursae min., β Persei, α Persei, β Tauri, γ Orionis, α Orionis, α Canis min., α Persei, γ Andromedae, γ Geminorum, α Geminorum, ζ Orionis, ε Orionis, β Geminorum, β Cassiopejae, α Leonis, γ Leonis, α Bootis, α Virginis, δ Leonis, α Ursae maj., α Coronae, β Ursae maj., ε Ursae maj., η Ursae maj., β Ursae min., α Lyrae, β Herculis, β Andromedae, α Cassiopejae, ζ Ursae maj., β Aurigae, δ Orionis.

Die Art und Weise der Ausmessung und Reduktion der Aufnahmen wird von Prof. Scheiner ausführlich dargestellt. Hier, wo es sich um die Ergebnisse handelt, möge nur einiges hervorgehoben werden. Prof. Scheiner bemerkt: »Die Spektra einiger Sterne, z. B. dasjenige von α Aurigae, zeigen mit dem Sonnenspektrum eine

derartige Übereinstimmung bis in die kleinsten erkennbaren Einzelheiten, dass eine sorgfältige Vergleichung beider unter dem Mikroskope zu dem Schlusse führt, dass dieselben absolut identisch sind, auch in bezug auf die relative Stärke der Linien, und weiter mit nahe an Gewissheit grenzender Wahrscheinlichkeit in bezug auf die engstehenden feinen, nicht mehr einzeln zu erkennenden Linien. Mit diesem Resultate ist eigentlich die vollständigste Charakterisierung des Spektrums von α Aurigae gegeben, besser als sie die wirkliche Ausmessung, die sich ja nur auf direkt Erkennbares bezieht, geben kann; ich habe auch längere Zeit geschwankt, ob es nicht vorzuziehen sei, die sehr zeitraubende Ausmessung bei den Sternen des zweiten Typus zu sparen und nur eine auf Vergleichung beruhende Charakteristik der Spektra zu geben, wobei Übergänge nach den anderen Typen hin ebenfalls durch allgemeine Bemerkungen hätten markiert werden können. Es zeigte sich jedoch bald, dass die beträchtlich gespanntere Aufmerksamkeit, mit welcher beim Messen jede Einzelheit des Spektrums betrachtet und mit dem Sonnenspektrum verglichen werden muss, zur Erkennung eine Menge kleinerer und isoliert vorkommender Abweichungen führt, die bei einfacher Vergleichung leicht übersehen werden. Der Hauptzweck der vorliegenden Untersuchung sollte aber der sein, eine möglichst getreue und exakte Darstellung der Sternspektra zur gegenwärtigen Zeit zu geben, damit bei einer nach einem längeren Zeitraume vorzunehmenden Wiederholung der Arbeit eine sichere Entscheidung über etwaige Änderungen in den Spektren getroffen werden kann. Nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnis ist anzunehmen, dass solche Änderungen in Sternspektren, wenn sie überhaupt in absehbaren Zeiträumen auftreten, nur sehr gering sein können, dass also die Aufzeichnung auch der kleinsten Abweichungen vom Sonnenspektrum wesentlich ist. Sollte z. B. späterhin eine mit den gleichen Hilfsmitteln ausgeführte Untersuchung des Spektrums von α Aurigae an irgend einer Stelle eine kleine Abweichung vom Sonnenspektrum ergeben, sollte z. B. der Intensitätsunterschied zwei benachbarter Linien der umgekehrte sein, so würde eine allgemeine Bemerkung in meiner Untersuchung über die absolute Übereinstimmung der beiden Spektra nicht zur Konstatierung einer inzwischen eingetretenen Änderung genügen, es würde viel wahrscheinlicher sein, ein Übersehen dieses Unterschiedes meinerseits anzunehmen. Ganz anders liegt die Sache, wenn in der grundlegenden Untersuchung die beiden Linien mit ihrem, mit der Sonne übereinstimmenden Intensitätsunterschied katalogisiert sind; es ist dann, besonders wenn die Resultate beider Aufnahmen dieselben sind, kaum ein Zweifel an einer wirklichen Änderung des Spektrums möglich.«

Diese Erwägungen sind für Prof. Scheiner massgebend gewesen, nicht nur die sämtlichen Sternspektra des zweiten Typus vollständig auszumessen, sondern auch das mit dem Spektrographen aufgenommene Sonnenspektrum in gleicher Weise zu behandeln, um für die Zukunft

eine sichere Kontrolle für die Leistungsfähigkeit des Spektrographen zu geben, da ja etwaige kleine Änderungen im Sonnenspektrum anderweitig konstatiert werden würden.

Die zweite Aufgabe der vorliegenden Untersuchung, nämlich die Stoffe zu ermitteln, denen die in den Sternspektren gemessenen Linien entsprechen, hat Prof. Scheiner nur sehr unvollkommen lösen können, da erst von einer geringen Anzahl der chemischen Elemente die Spektra mit genügender Genauigkeit bekannt sind. Bei den früheren Wellenlängenbestimmungen der Metalllinien durch Ångström, Kirchhoff, Huggins, Thalén, Lockyer, Liveing und Dewar, Cornu u. a. hat man sich mit einer Genauigkeit begnügt, welche im allgemeinen das Zehntel der $\mu\mu$ noch unsicher lässt, und deshalb bleibt bei einer Vergleichung mit dem Sonnenspektrum eine sichere Identifizierung ausgeschlossen.

An genügend genauen Bestimmungen liegen z. Z. nur folgende vor:

Das Spektrum des Eisens von Thalén, ferner von folgenden Metallen durch die bereits publizierten Messungen von Kayser und Runge: Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium, Caesium, Magnesium, Calcium, Zink, Strontium, Kadmium, Barium und Quecksilber. Auf eine Anfrage hin haben Kayser und Runge Prof. Scheiner die noch unpublizierten Wellenlängen der Linien folgender Metalle zur Verfügung gestellt: Blei, Zinn, Antimon, Mangan, Beryllium, Palladium, Platin, Nickel, Chrom, Wismut und Osmium.

Die Spektra von Mangan, Nickel, Chrom und Wismut sind aber noch unrein, d. h. es ist nicht mit Sicherheit anzunehmen, dass die schwächeren Linien dieser Spektra auch wirklich dem betreffenden Metalle angehören.

Eine Anfrage bei Rowland ist unbeantwortet geblieben, und Prof. Scheiner hat deshalb von den Messungen desselben nur die im 12. Bande der Zeitschrift »Astronomy and Astrophysics« erschienene Auswahl von Metalllinien benutzen können.

»Die Frage,« sagt er, »ob Metalllinien, welche mit Linien des Sonnenspektrums zusammenfallen, auch wirklich mit diesen identisch sind, welche Metalle man hiernach als wirklich auf der Sonne vorhanden annehmen soll, ist sehr schwer zu beantworten. Kayser und Runge haben z. B. eine Identität nur dann angenommen, wenn auch die relativen Intensitäten der betreffenden Linien in Sonnen- und Metallspektrum übereinstimmen; sie haben das Vorhandensein gewisser Metalle auf der Sonne verneint, auch wenn einzelne Linien ihrer Position nach übereinstimmten. Dieses Verfahren hat nur dann seine Berechtigung, wenn man weiss, dass die beiden zu vergleichenden Spektra bei denselben Temperaturen erhalten sind; ich bin aber gerade im Laufe der vorliegenden Untersuchungen zu der Überzeugung gekommen, dass man weniger Wert auf die relativen Intensitäten legen sollte. Ich werde Gelegenheit haben, darauf hinzuweisen, mit wie verschiedenen relativen Intensitäten z. B. die Eisenlinien in den einzelnen Sternspektren auftreten, wie häufig

der Fall vorkommt, dass einige der stärksten Eisenlinien in Sternspektren fehlen, die zahlreiche schwächere Linien des Eisens enthalten. Ferner werde ich zeigen, dass der Wechsel der relativen Intensitäten im Magnesiumspektrum bei verschiedenen Temperaturen ein Mittel gewährt, die Temperatur auf den Sternen zu bestimmen, und ich bin aus diesen Erfahrungen zu der Überzeugung gelangt, dass, solange nicht besondere Untersuchungen über das Verhalten der einzelnen Metallspektra bei verschiedenen, stark variierten Temperaturen vorliegen, man besser thut, bei derartigen Identifizierungen die relativen Intensitäten der Linien ganz ausser acht zu lassen. Man setzt sich allerdings hierbei der Gefahr aus, eine grosse Menge unrichtiger Identifizierungen vorzunehmen, da die Linien im Sonnenspektrum so gedrängt stehen, dass bei Zulassung eines gewissen Spielraumes beinahe für jede Metalllinie eine Koïnzidenz im Sonnenspektrum aufzufinden ist. Sobald man sich aber dieses Fehlers bewusst ist, hört er eigentlich auf, ein Fehler zu sein; man nützt eben ein unzureichendes Material nach Möglichkeit aus, während man im anderen Falle einen gewissen Teil desselben auf Grund einer nicht berechtigten Strenge verwirft. Ich habe die Überzeugung gewonnen, dass auch, wenn einmal die Linien sämtlicher bekannten Elemente mit voller Schärfe gemessen sein werden, noch eine beträchtliche Unsicherheit über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines bestimmten Elements in der Sonne bestehen bleiben wird.«

Die sämtlichen Linien der oben erwähnten Metalle, sowie diejenigen des Rowland'schen Verzeichnisses hat Prof. Scheiner nun mit dem Sonnenspektrum verglichen und eine Koïnzidenz angenommen, wenn diese Metalllinien innerhalb der Grenzen von $\pm$ 0.020 $\mu\mu$ mit Sonnenlinien zusammenfallen, und daraus einen Katalog von Metalllinien im Sonnenspektrum zusammengestellt.

Prof. Scheiner geht nun über zur Charakterisierung der einzelnen Spektra. Zunächst bespricht er die Spektra der Spektralklasse Ia. Dieser Typus ist charakterisiert durch das spektrale Überwiegen des Wasserstoffes, dessen Linien breit und stark verwaschen erscheinen und fast ohne Ausnahme von keiner Linie eines anderen Elementes an Intensität erreicht werden. Man hat sich bisher mit dieser allgemeinen Erkenntnis begnügen müssen, indem durch die direkten Beobachtungen nur in ganz extremen Fällen über die verschiedene Breite der Wasserstofflinien ein Urteil zu gewinnen war. Die Aufnahmen mit dem Potsdamer Spektrographen lassen dagegen nicht nur Unterschiede in bezug auf die Breite der Linien erkennen, sondern auch in betreff ihrer Intensität, resp. der Intensitätsabnahme von der Mitte aus, allerdings nur bei der Hγ-Linie, da in den wenigen Fällen, wo überhaupt die Hβ-Linie oder die Hδ-Linie sichtbar ist, die Schärfe des Spektrums zu feineren Untersuchungen nicht mehr genügt.

»Bei der Beurteilung der Breite der Linien ist es oft schwierig, mit Sicherheit zu entscheiden, ob die Unterschiede wirklich reell oder

nur durch die verschiedene Stärke der Aufnahmen bedingt sind. Da alle breiten Linien ausnahmslos stark verwaschen sind — es folgt dies schon ohne weiteres aus den Formeln, welche die Abhängigkeit der Breite der Spektrallinien von Dicke oder Dichte der absorbierenden Schicht angeben —, also nur ein allmählicher Übergang von der Intensität des kontinuierlichen Spektrums bis zum Minimum der Helligkeit in der Mitte der Linie stattfindet, so ist es klar, dass bei grösserer Stärke der Aufnahmen (längere Expositionszeit, durchsichtigere Luft u. s. w.) die Linien scheinbar immer schmaler werden müssen. Wenn man daher nicht viele verschiedenartige Aufnahmen von demselben Sternspektrum besitzt, so ist die Beurteilung der wahren Breite eine sehr unsichere.«

Viel wichtiger in dieser Beziehung sind die hier zum ersten Male zur Untersuchung gelangenden Unterschiede, welche in der Intensitätsverteilung des Lichtes innerhalb der verbreiterten Linien bei den verschiedenen Sternen bestehen. Zur Darlegung seiner Ansicht hierüber geht Prof. Scheiner auf den Gegenstand näher ein.

»Ich nehme an,« sagt er, »dass der physikalische Begriff eines Sterns zum Unterschiede gegen einen Nebel erst dann beginnt, wenn das Spektrum ein wesentlich kontinuierliches ist, wenn sich also ein solches Verdichtungszentrum gebildet hat, dass eine gewisse Schicht desselben die Eigenschaften unserer Sonnenphotosphäre hat, welche Licht von allen Strahlengattungen aussendet. Stützt man sich nun allein auf das Kirchhoff'sche Gesetz, ohne andere Betrachtungen hinzuzuziehen, so hängt der Umstand, ob ein Stern helle oder dunkle Linien hat, nur davon ab, ob die oberhalb der Photosphäre befindlichen Gasschichten eine höhere oder niedrigere Temperatur als die Photosphäre besitzen. Bei gleicher Temperatur würden keine Linien sichtbar sein. Solange man nicht Anhänger der Lockyer'schen Meteorhypothese ist, kann aber die oben gegebene Erklärung für die hellen Linien in einzelnen Sternspektren nicht genügen, da es unseren ganzen physikalischen Anschauungen widerspricht, Körper anzunehmen, bei denen dauernd oder im allgemeinen die äusseren Schichten eine höhere Temperatur als die inneren besitzen.

Ein kontinuierliches und massenhaftes Hineinstürzen von Meteoren in die oberen Schichten der Atmosphäre könnte die letzteren zwar wohl auf einen höheren Temperaturgrad bringen, als die Photosphäre besitzt; es könnten aber dann im Spektrum nicht mehr wesentlich nur die Wasserstofflinien hell erscheinen, vielmehr müssten auch die Linien der in den Meteoren enthaltenen Metalle eine hervorragende Rolle spielen. Auch ein anderer Zustand, der das Vorhandensein einer äusseren heisseren Schicht erklären könnte, scheint sehr wenig plausibel, nämlich das fortwährende Hervorbrechen heisserer Gase aus dem Inneren, die alsdann wenigstens einen grösseren Teil der oberen Atmosphärenschichten stark erhitzen könnten. Die Gase müssten aber doch die Photosphäre durchbrechen und würden also die Temperatur derselben ebenfalls erhöhen, so dass nicht recht

einzusehen ist, weshalb ein wesentlicher Überschuss der Temperatur oberhalb der Photosphäre bestehen sollte.

Eine andere, wie mir scheint, sehr einfache Erklärung der hellen Linien ist auf das Aussehen der Linien basiert. Die Breite und Verwaschenheit der Wasserstofflinien deuten an, dass die Sterne des I. Typus eine sehr mächtige Wasserstoffatmosphäre besitzen, und es braucht nur angenommen zu werden, dass die Höhe dieser Atmosphäre von derselben Ordnung ist wie der Durchmesser des von der Photosphäre begrenzten Kernes. Es geben dann diejenigen Teile der Atmosphäre, welche über die scheinbare Scheibe des Kernes hinausragen, ein Wasserstoffspektrum mit hellen Linien, während die vor der Scheibe befindlichen dunkle Absorptionslinien geben. Von dem punktförmigen Bilde des Sternes, wie wir es wegen der grossen Entfernung nur darstellen können, erhält man demnach beide Spektra optisch übereinander gelagert; die hellen Linien erscheinen auf den dunklen, und je nach der Intensität, also je nach dem Verhältnisse der Höhe der Atmosphäre zum Durchmesser des Kernes, überwiegen die einen oder die anderen Linien.

Für die Intensitätskurve der Wasserstofflinien bei den Sternen der I. Klasse lassen sich nun folgende Typen aufstellen:

1. Die Höhe der Atmosphären ist gering; es sind nur die Absorptionslinien merklich. Die Intensität derselben nimmt kontinuierlich bis zur Mitte ab.

2. Die Höhe der Atmosphäre ist so beträchtlich, dass auch die Emissionslinien merklich sind. Die Intensität nimmt also nicht bis zur Mitte der Linien kontinuierlich ab, vielmehr ist hier im allgemeinen ein sekundäres Maximum oder mindestens eine gleichförmige Intensität.

3. Die Ausdehnung der Atmosphäre ist so stark, dass die Emissionslinien des Wasserstoffes heller werden als das kontinuierliche Spektrum. Die Absorptionslinie kann zu beiden Seiten der hellen Linie noch merklich sein, sie kann aber auch vollständig überdeckt werden.«

Prof. Scheiner giebt für jeden Stern das Verhalten der $H\gamma$-Linie in bezug auf die Aufhellung und hat dieselbe nach einer Kurvennummer rubriziert. Es ist nun zu bemerken, dass, wenn einerseits die Photographie allein es ermöglicht hat, diese Unterschiede in den Linien erkennen zu lassen, sie anderseits auch wegen des verhältnismässig geringen Unterschiedes zwischen der oberen und der unteren Empfindungsschwelle der Platten auch diese Erkenntnis wieder erschwert. Je nach der Kraft der Aufnahme liegt das Minimum der Intensität der Absorptionslinie unterhalb oder oberhalb der unteren Empfindlichkeitsgrenze der Platte; im ersteren Falle erscheint die Mitte der Linie in einer grösseren Ausdehnung vollständig ohne Silberkorn, und es ist dann nicht zu entscheiden, ob Aufhellung vorhanden oder nicht. In solchen Fällen ist die Charakterisierung als zweifelhaft hingestellt.

Thatsächlich sind ungefähr alle hier aufgestellten Arten von Intensitätskurven bei den untersuchten Sternspektren vertreten, ein Umstand, der gewiss sehr zu gunsten der von Prof. Scheiner vertretenen Hypothese spricht gegenüber derjenigen der relativ heisseren Atmosphären.

Die Spektra vom ersten Typus zeigen auch in bezug auf das Verhalten der anderen Linien ganz charakteristische Unterschiede. Es scheint selten vorzukommen, dass in einem Spektrum der I. Klasse verwaschene und feine Metalllinien gleichzeitig auftreten, vielmehr sind im allgemeinen entweder alle Linien breit und verwaschen, ähnlich wie die Wasserstofflinien, oder alle sind scharf. Bei den Spektren mit breiten Linien zeigt sich ein wesentlicher Unterschied darin, dass im einen Falle nur einzelne, ganz isolierte Linien vorhanden sind, deren Verbreiterung thatsächlich durch die grössere Dichte oder die höhere Temperatur der betreffenden Gase verursacht ist, während im anderen die breiten Linien zweifellos nur Liniengruppen sind, also die Linien überhaupt nur durch dichtes Zusammenstehen merklich werden.

Prof. Scheiner giebt nun eine genaue Besprechung der Spektra der einzelnen hierher gehörigen Sterne. Aus derselben möge folgendes hervorgehoben werden:

η Ursae majoris. Das Spektrum zeigt eine sehr breite und verwaschene Linie der Wellenlänge 447.212. Sie ist identisch mit der in allen Orionsternen auftretenden und wird deshalb kurz als Orionlinie bezeichnet.

α Leonis. Bei Wellenlänge 436.9 ist eine Linie, die den Eindruck einer hellen Linie macht, die in einer dunklen sitzt. Eine genauere Verfolgung des Spektrums mit möglichst kraftvollen Hilfsmitteln ist angezeigt.

α Aquilae. Das Spektrum macht den Eindruck eines stark abgeblassten Sonnenspektrums. Prof. Scheiner bemerkt dazu: »Eine Erklärung für dieses eigentümliche Spektrum kann in zweierlei Richtung gegeben werden. Einmal kann man sich vorstellen, dass infolge stärkerer Abkühlung und Verdichtung in der Konstitution des Sternes bereits einige Ähnlichkeit mit der Sonne eingetreten ist, und zwar so, dass nicht allmählich einzelne besonders hervorragende Metalllinien aufgetreten sind, sondern dass die absorbierende Atmosphäre auch gleich in ihrer Zusammensetzung Ähnlichkeit mit derjenigen auf der Sonne hat. Es besteht hierbei noch eine sehr mächtige Wasserstoffatmosphäre, die auch noch grosse Mengen von Magnesiumdampf enthält. α Aquilae würde dann einen vorzüglichen Beweis für den allmählichen Übergang der ersten Spektralklasse in die zweite bilden, und somit würde eine sehr gewichtige Stütze für die physikalische Bedeutung der Klasseneinteilung gewonnen sein.

Eine zweite Erklärung des Spektrums von α Aquilae würde die sein, das Spektrum als aus zwei übereinander gelagerten Komponenten bestehend zu betrachten, als eine optische Superposition eines Spektrums der ersten Klasse durch ein solches der zweiten. Vor einigen Jahren würde eine derartige Erklärung kaum annehmbar gewesen sein; heute, nachdem bereits mehrere sehr enge Doppelsternsysteme bekannt sind, liegt kein Bedenken vor, α Aquilae als einen Doppelstern zu betrachten, dessen eine Komponente ein Stern der ersten, dessen andere Komponente ein Stern der zweiten Spektralklasse ist. Ein Umstand macht mir diese Erklärung sogar noch wahrscheinlicher als die andere, nämlich das Vorhandensein der breiten Mg-Linie bei λ 448 $\mu\mu$. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, dass die Mg-Linie

so sehr stark gegenüber den anderen Linien in einem Spektrum der zweiten Klasse hervortritt, wenigstens existiert kein weiteres Beispiel hierfür; dagegen würde es durchaus plausibel sein, die starke Mg-Linie in das Spektrum der ersten Klasse der einen Komponente zu versetzen, wo ihr Fehlen auffälliger als ihr Vorhandensein sein würde.

Die drei in bezug auf die Linienverschiebung sehr gut übereinstimmenden Aufnahmen von *α* Aquilae geben keinen Stützpunkt für die Hypothese einer Doppelsternnatur, doch dürfte es sich empfehlen, den Stern in dieser Beziehung nicht aus dem Auge zu verlieren.«

β Cassiopejae. Die Ähnlichkeit mit *α* Aquilae erstreckt sich auch auf das Auftreten der Mg-Linie, und es sind deshalb für *β* Cassiopejae dieselben Betrachtungen massgebend wie bei *α* Aquilae. Auch hier ist ein weiteres Verfolgen des Spektrums zur Ermittelung etwaiger Veränderung der Linienverschiebung angezeigt.

α Canis majoris. Das Spektrum enthält eine grosse Anzahl scharfer, meist schwacher Linien, von denen Scheiner 90 messen konnte. Unter diesen sind 54 mit Eisenlinien zu identifizieren, was auch die direkten Aufnahmen des Siriusspektrums mit dem Eisenspektrum bestätigen. Von den übrigen Metallen treten wieder Magnesium und Barium durch die Stärke ihrer Linien hervor. Die Abweichungen der Intensitäten der Eisenlinien gegen diejenigen in der Sonne sind sehr auffallend.

α Canis minoris. »Das Spektrum ist ein Übergang zwischen Ia und IIa. Die Wasserstofflinien sind etwas breiter und verwaschener als im Sonnenspektrum, erreichen jedoch nicht entfernt die Breite wie in irgend einem anderen Sterne des Typus Ia. Im übrigen zeigt das Spektrum eine ganz ausserordentliche Ähnlichkeit mit dem Sonnenspektrum, nur sind alle Linien viel schwächer als in letzterem, so dass bei kräftig exponierten Aufnahmen nur die stärksten Linien sichtbar bleiben. Spezielle Abweichungen vom Sonnenspektrum kommen nur wenig vor. Man erhält den Anblick des Procyonspektrum einigermassen, wenn man ein Sonnenspektrum durch eine angehauchte Glasplatte betrachtet. Mit Sicherheit kräftiger als in der Sonne erscheint die Mg-Linie bei λ 448.1 $\mu\mu$, und auch dies zeigt an, dass der Stern noch Anklang an die Klasse Ia hat.« Nach dem ganzen Charakter des Spektrums scheint Prof. Scheiner die Möglichkeit einer Erklärung (Pickering) des Spektrums wie bei *α* Aquilae durch die Superposition zweier Spektra vom ersten und zweiten Typus gänzlich ausgeschlossen, vor allem müsste dann die Hγ-Linie, wenn auch stark aufgehellt, so doch viel breiter erscheinen. *α* Canis minoris ist übrigens schon sehr merklich gelb gefärbt und bildet auch in dieser Beziehung einen Übergang zu IIa.

Die Spektralklasse Ib ist nach Ausweis der Potsdamer Aufnahmen zu charakterisieren als Spektra enthaltend, in denen die Wasserstofflinien und die wenigen Metalllinien alle von nahezu gleicher Breite und Begrenzung erscheinen. In bezug auf ihre Breite stehen die Linien etwa in der Mitte zwischen denen der Klasse Ia und IIa. Die Begrenzung der Linien ist in anbetracht ihrer Breite eine ganz auffallend scharfe, dabei ist aber ihre Intensität sehr verschieden; manche sind nur äusserst matt und kaum erkennbar, andere sehr kräftig und dunkel. Eine Erklärung der scharfen Begrenzung trotz ziemlicher Breite wird von Prof. Scheiner ähnlich wie für die Typen der Wasserstofflinien der Klasse Ia gegeben.

Von den Spektren hierher gehöriger Sterne ist zu erwähnen *α* Cygni, bei dem die Ca-Linien fehlen, und welches eines der interessantesten Spektra ist, die in Potsdam untersucht wurden.

»In dem Spektrum von γ Cassiopejae ist ausser der hellen $H\gamma$-Linie nichts anderes zu erkennen. Dieselbe erscheint in dem sehr schmalen Spektrum als überstehender Knoten von ziemlicher Breite, jedoch nicht ganz so breit, wie die dunklen Linien der Klasse Ia. Auf beiden Aufnahmen ist sehr deutlich zu erkennen, dass die helle Linie nicht in gleichförmigem Anstiege vom kontinuierlichen Spektrum aus beginnt, sondern dass die Intensität des letzteren an den Rändern der Linie zuerst nachlässt. Hiernach ist anzunehmen, dass die Wasserstoffatmosphäre von γ Cassiopejae eine sehr beträchtliche Ausdehnung gegenüber derjenigen des eigentlichen Kernes besitzt; dass die Breite der hellen Linien geringer ist als diejenige der Absorptionslinie, rührt daher, dass die Dichtigkeit der äusseren Teile der Atmosphäre, welche die weitaus grösste Fläche bilden, viel geringer ist, als diejenige der inneren Teile von geringerer Fläche.

Auch bei γ Cassiopejae könnte man das Vorhandensein eines Doppelspektrums vermuten, herrührend von zwei eng zusammenstehenden Sternen, wovon einer der Klasse Ia angehören würde, während der andere helle Linien zeigte, ähnlich wie dies bei β Lyrae der Fall zu sein scheint. Für die eine Komponente des Systems, deren Spektrum die hellen Linien enthält, bleibt aber doch immer wieder die Notwendigkeit einer Erklärung übrig, wenn man nicht annehmen will, dass das Spektrum dieser Komponente nicht kontinuierlich ist, sondern nur aus hellen Linien besteht, dass also diese Komponente überhaupt kein Stern ist. Es lässt sich zur Zeit nichts bestimmtes über diesen Punkt angeben; vorläufig scheint die ursprüngliche Hypothese noch ausreichend zu sein.«

Die Spektra der Klasse IIa—IIIa. In ihnen spielt der Wasserstoff noch immer eine Hauptrolle, aber nicht mehr eine so überwiegende wie in Ia. »Die Wasserstofflinien,« sagt Prof. Scheiner, »gehören noch zu den kräftigsten Linien des ganzen Spektrums, aber die Linien der anderen Metalle, speziell diejenigen von Eisen, Calcium, Magnesium und Natrium, sind von gleicher Stärke und gleichem Aussehen: scharf, nur wenig verwaschen und von grosser Schwärze. Von einer Aufhellung der Linien wie bei Klasse Ia kann keine Rede mehr sein, da die Atmosphären schon viel zu wenig ausgedehnt sind, wie das Beispiel unserer Sonne zeigt. Das Sonnenspektrum selbst lehrt, dass die Hauptunterschiede im Aussehen der Linien auf ihrer Breite beruhen, also von der Anzahl der betreffenden Moleküle abhängen, welche das von der Photosphäre herkommende Licht in der Atmosphäre der Sonne trifft. Weniger scheint der Unterschied in der wirklichen Intensität hervorzutreten, der nur auf verschiedene Temperatur der betreffenden Stoffe zurückgeführt werden könnte. Ich möchte glauben, dass die vorhandenen Intensitätsunterschiede — man spricht ja z. B. von ganz schwachen Linien im Sonnenspektrum — nur scheinbare sind: Die schwachen, resp. matten Linien sind so ausserordentlich fein, dass für sie der Spalt schon viel zu weit, das Spektrum schon viel zu unrein ist, als

dass sie in voller Schwärze erscheinen könnten. Es scheint mir dies deshalb wahrscheinlicher, weil auf der Sonne die sogenannte »absorbierende Schicht«, d. h. der obere Teil der Photosphäre, viel zu wenig ausgedehnt ist, als dass innerhalb derselben wesentliche Temperaturunterschiede bestehen könnten.«

In die Spektralklasse IIa gehört unsere Sonne.

α Aurigae. Das Spektrum ist völlig mit dem der Sonne identisch, gemessen wurden 290 Linien.

α Bootis, zeigt auch eine ausserordentliche Ähnlichkeit mit dem Sonnenspektrum, gemessen wurden 307 Linien.

β Geminorum. »Das Spektrum ist Typus IIa und entspricht fast absolut dem Sonnenspektrum, ist jedoch wohl schon etwas weiter nach IIIa vorgeschritten. Die Bänderbildung ist nur wenig entwickelter als im Sonnenspektrum, dagegen scheint das Violett, von der G-Gruppe an, etwas kräftiger absorbiert zu sein; doch ist eine Beurteilung dieses Umstandes erschwert durch die Mattheit der Aufnahmen. Eine irgend merkliche Abweichung vom Sonnenspektrum konnte sonst nicht konstatiert werden.«

α Tauri. »Das Spektrum ist Typus IIa mit deutlichen Übergängen zu IIIa hin. Die Linien sind im allgemeinen breiter und verwaschener als im Sonnenspektrum und vereinigen sich mehr als in diesem zu Bändern, die schon mehrfach in charakteristischer Weise eine einseitige Verwaschenheit zeigen. Während im grossen und ganzen auch in bezug auf die relativen Intensitäten eine grosse Übereinstimmung mit dem Sonnenspektrum herrscht, finden doch schon einzelne auffallende Abweichungen statt, die im folgenden besonders hervorgehoben sind. Die Lichtschwäche des Spektrums von der G-Gruppe an nach dem Violett hin ist gegenüber dem Sonnenspektrum auffallend.«

α Ursae majoris. »Das Spektrum ist Typus IIa mit sehr merklichem Übergange nach IIIa hin. Das Zusammenfliessen der Linien zu verwaschenen Bändern ist sehr ausgesprochen, auch ist das allgemeine Aussehen von dem des Sonnenspektrums verschieden. Der plötzliche Lichtabfall beim Beginn der G-Gruppe ist sehr auffallend.«

α Persei. »Das Spektrum ist Typus IIa mit nur geringen Anzeichen des Überganges nach IIIa und steht in dieser Beziehung vielleicht noch vor dem der Sonne. Dagegen zeigt das Spektrum eine auffallende Anzahl von sehr starken Abweichungen gegen den allgemeinen Typus. Manche Linien des Sonnenspektrums sind stärker, manche schwächer; mehrfach fehlen stärkere Linien und sogar ganze Bänder des Sonnenspektrums, dafür sind deutliche Linien an Stellen, wo im Sonnenspektrum mit Sicherheit keine Linien zu erkennen sind.«

Die genaue Untersuchung, welche Prof. Scheiner anstellte, ergab, dass beinahe die Hälfte aller Linien, welche in dem Spektrum von *α* Persei Abweichungen gegen das Sonnenspektrum zeigen, in dem Spektrum von *α* Cygni ebenfalls wesentlich hervortreten und dessen Eigentümlichkeit bedingt. Nun gehört *α* Cygni der Klasse Ib an, *α* Persei der Klasse IIa, und es erscheint ihm daher der Schluss durchaus plausibel, dass *α* Persei früher ein ähnliches Spektrum wie *α* Cygni gehabt hat, dass also hierdurch der bisher noch fehlende Übergang von Ib nach IIa gegeben ist.

Von speziellen Untersuchungen, welche Prof. Scheiner im letzten Teile seiner grossen Abhandlung giebt, muss noch derjenigen über die Orionlinie (W. L. 447.175 $\mu\mu$) gedacht werden. Diese Linie wurde von ihm zuerst bei den Orionsternen der Klasse I gefunden,

bei welchen sie ohne Ausnahme auftritt, später fand sie sich auch in den Spektren von β Persei, α Virginis, β Tauri und η Ursae majoris. An ihrer Stelle findet sich im Sonnenspektrum keine Linie: »Auch in den genauer ausgemessenen Metallspektren ist keine Linie zu finden, welche mit der Orionlinie identisch sein könnte. In Young's Verzeichnisse der Chromosphärenlinien ist als immer im Chromosphärenspektrum sichtbare Linie unter Nr. 222 die Linie λ 447.12 $\mu\mu$ angegeben, die bei Reduktion auf das Potsdamer System der Wellenlängen mit der schwachen Linie λ 447.193 $\mu\mu$ im Sonnenspektrum zusammenfällt. »Es ist sehr leicht möglich,» fährt Professor Scheiner fort, «dass die Chromosphärenlinie und die Orionlinie identisch sind, dagegen halte ich es für unwahrscheinlich, dass sie dem Cerium angehört, wie Young nach Thalén und Kirchhoff angenommen hat. Der Stoff, von welchem die Linie herrührt, scheint sehr viel Verwandtschaft mit dem Wasserstoffe zu besitzen, da in allen Spektren, in denen die Orionlinie auftritt, sie in ihrer Breite und Verwaschenheit genau der Wasserstofflinie Hγ entspricht. Der Umstand, dass die Linie immer sehr stark aufgehellt erscheint, mehr als die Wasserstofflinie, spricht dafür, dass das betreffende Gas ein noch geringeres Atomgewicht als Wasserstoff besitzt. Es ist nun von besonderem Interesse, dass sich an dieser Stelle eine Linie im Spektrum des Orionnebels befindet, die von Copeland entdeckt worden ist und nach dessen etwas unsicherer Bestimmung die Wellenlänge 447.6 $\mu\mu$ hat. Nach Messungen von Keeler kommt dieser Linie die Wellenlänge 447.12 $\mu\mu$ zu, Campbell findet 447.3 $\mu\mu$, so dass an der Identität derselben mit der Orionlinie kein Zweifel mehr bestehen kann. Der durch das gemeinsame Auftreten dieser sonst in den Sternen der I. Klasse nur selten vorkommenden Linie dokumentierte physikalische Zusammenhang zwischen den Orionsternen ist hiermit auch auf den Orionnebel auszudehnen, ein Zusammenhang, der in neuerer Zeit noch durch andere Untersuchungen wahrscheinlich gemacht worden ist.«

Zum Schlusse fasst Prof. Schreiner die Ergebnisse seiner Untersuchungen zusammen und sagt: »Ich glaube, im Laufe der Untersuchungen häufig genug Gelegenheit genommen zu haben, auf's deutlichste erkennen zu lassen, dass mir die durch die Vogel'sche Klassifikation gegebene Entwickelungsgeschichte der Fixsterne und ihre damit zusammenhängende Konstitution zur Erklärung der neuen Beobachtungsergebnisse durchaus ausreichend erscheint. In betreff einer der neueren Theorien, nämlich derjenigen von Lockyer, habe ich bereits in meiner »Spektralanalyse der Gestirne« pag. 330 meinen (ablehnenden) Standpunkt gegenüber derselben sehr deutlich klargelegt, so dass es hier nur einer Verweisung darauf bedarf; anders aber verhält es sich mit der von Schmidt entwickelten Refraktionstheorie der gasförmigen Himmelskörper, besonders nach deren sorgfältig durchgeführter Anwendung auf die Erscheinungen, welche unsere Sonne bietet, durch Knopf. Es kann kein Zweifel darüber obwalten, dass die allgemeinen Grundzüge dieser Theorie richtig sind, und dass die Möglichkeit der Existenz von Himmelskörpern, welche die Schmidt'schen Forderungen erfüllen, vorliegt; es fragt sich nur, ob diese Existenz auch wahrscheinlich ist, und ob speziell unsere Sonne und damit alle ihr ähnlichen Körper in diese Theorie hineinpassen. Ich muss bekennen, dass mir dies höchst

unwahrscheinlich erscheint, und zwar aus mehreren Gründen. Zunächst würde ein solcher Ruhezustand, wie ihn die Schmidt'sche Theorie voraussetzt, bei einem rotierenden, sehr heissen und in ständiger Abkühlung begriffenen Gasballe absolut ausgeschlossen sein; alle Erfahrungen lehren, dass im Weltall nirgends Ruhe, sondern unausgesetzte Bewegung herrscht. Wenn man auch mit Schmidt darin übereinstimmt, die Gase, in denen sich die uns sichtbaren Vorgänge auf der Sonne abspielen, als ausserordentlich dünn zu betrachten, so hält es doch schwer, sich eine so enorme Lichtdurchlässigkeit derselben vorzustellen, wie sie nach Schmidt erforderlich ist. Schliesslich erscheinen mir alle Erklärungen von Einzelerscheinungen auf der Sonne, besonders von denjenigen spektraler Natur, sehr viel gezwungener und komplizierter nach Schmidt's Theorie als nach der bisherigen; ich sehe keinen Grund ein, die bisherigen Erklärungen zu verlassen, solange nichts Einfacheres dafür geboten wird.

Ich muss an dieser Stelle auch kurz meinen Standpunkt zum Kirchhoff'schen Satze angeben, da dessen Folgerungen für die weiteren Schlüsse massgebend sind. Die neueren Untersuchungen haben einzelne Physiker zu der Überzeugung geführt, dass beim Glühen der Gase nicht so einzelne Vorgänge stattfinden, wie sie Kirchhoff angenommen hat. Die Veränderungen, welche die Spektra glühender Gase zeigen, je nach der Art und Weise, wie ihr Glühen hervorgebracht wird, sollen weniger von der Temperatur, also von der Schwingungsamplitude abhängen, als vielmehr von komplizierteren chemischen oder elektrischen Prozessen, über deren Natur man allerdings ja noch vollständig im Unklaren ist. Während man also bisher die Kirchhoff'sche Funktion als allein abhängig von Wellenlänge und Temperatur betrachtet und Fälle, wo dies augenscheinlich nicht zutrifft, wie z. B. bei der Phosphoreszenz, als nicht unter das Kirchhoff'sche Gesetz fallend ausgeschlossen hat, würde man jetzt vor der Wahl stehen, entweder alle Fälle auszuscheiden, d. h. den Kirchhoff'schen Satz als nicht mehr gültig zu betrachten, oder ihn derart zu ändern, dass an Stelle der Temperatur ein anderer, näher zu definierender Begriff, der mit der Art der Lichterregung zusammenhängt, zu setzen wäre. Das erstere geschieht schon von seiten einzelner Physiker, wie mir scheint, sehr mit Unrecht, solange dieselben nichts Besseres an die Stelle zu setzen haben; das letztere würde einer Erweiterung des Kirchhoff'schen Satzes gleich kommen, die nur mit Freuden zu begrüssen wäre. Solange aber ein solcher Begriff noch nicht gefunden ist, ja besonders solange überhaupt ein definitiver Beweis dafür, dass die Temperatur allein nicht massgebend ist, noch nicht geführt ist, solange soll man meines Erachtens bei Untersuchungen wie der vorliegenden die alte Form des Kirchhoff'schen Satzes beibehalten, immer mit dem Bewusstsein, dass möglicherweise anstatt der Temperatur ein anderer Begriff einzuführen ist. Wenn ich beispielsweise sage, dass die Temperatur an der Oberfläche der Sterne des Typus I derjenigen bei stark gespanntem Funken entspreche, so ist hier eventuell zu setzen: der Glühzustand des Mg-Dampfes an der Oberfläche der Sterne des I. Typus entspricht demjenigen in stark gespannten Funken.

Diese Andeutungen werden genügen, meinen Standpunkt in bezug auf die Frage nach der Konstitution der Weltkörper darzustellen, von welchem aus ich nun versuchen möchte, auf grund der durch die photographischen Sternspektra gewonnenen Resultate in möglichster Kürze auf einige Gesichtspunkte näher einzugehen.

Die wesentliche Unterscheidung zwischen Stern- und Nebelspektrum liegt im Vorhandensein eines kräftigen kontinuierlichen Spektrums. Dieses kontinuierliche Spektrum kann auf zweierlei Weise gedeutet werden:

1. Die glühenden Gase befinden sich in einer gewissen Tiefe unterhalb der Atmosphäre unter einem solchen Drucke, dass ihr Linienspektrum durch Verbreiterung der Linien in ein kontinuierliches übergegangen ist. In diesem Falle müssten diejenigen Gase, welche sich in diesem Zustande

befinden und dabei gleichzeitig noch oberhalb dieser Schicht vorhanden sind, Absorptionslinien von ganz enormer Breite und Verwaschenheit zeigen, da ja alle Übergänge vom stärksten Drucke bis zu dem geringsten vorhanden sind. Ein solches Aussehen der Linien ist bisher bei keinem einzigen Sterne beobachtet worden, im besonderen nicht bei der vorliegenden Untersuchung. Sind dagegen die absorbierenden Gase nicht in den unteren, unter starkem Drucke befindlichen Gasen enthalten, so könnten allerdings die weniger breiten Linien, wie sie thatsächlich nur vorkommen, entstehen. Es müsste dann vor allem aber angenommen werden, dass der Wasserstoff in dieser Tiefe nicht mehr vorhanden ist, und das erscheint sehr unwahrscheinlich.

2. Die Photosphäre besteht im wesentlichen aus Kondensationsprodukten, ähnlich den Wasserdampfwolken in unserer Atmosphäre. Sie rühren also von einem Stoffe oder von mehreren Stoffen her, für welche in einer gewissen Höhe der Wasserstoffatmosphäre eine Übersättigung stattfindet, in ganz ähnlicher Weise, wie durch die in aufsteigenden Strömen mitgeführten Wasserdämpfe in einer gewissen Schicht die Wolken entstehen. Auf diese Weise lässt sich die enorme Leuchtkraft der Photosphären sehr viel leichter erklären, da glühende feste oder flüssige Partikelchen ein viel grösseres Emissionsvermögen besitzen wie glühende Gase, auch wenn sich letztere unter starkem Drucke befinden. Entgegengesetzt den sonst meist verbreiteten Ansichten haben wir uns aber vorzustellen, dass sich innerhalb der oberen Schichten der Photosphäre die Gase in einem ausserordentlich dünnen Zustande befinden, der nur vergleichbar ist mit der Dichtigkeit der Gase in möglichst evakuierten Geissler'schen Röhren. Die Dichtigkeit der Kondensationsprodukte ist daher keineswegs derjenigen unserer Wolken vergleichbar, sondern höchstens den allerzartesten Schleierbildungen in den höheren Schichten unserer Atmosphäre.

Ich möchte nun unter Annahme von 2 einen Erklärungsversuch dafür aufstellen, dass mit zunehmender Abkühlung eines Sternes die Wasserstofflinien allmählich an Breite verlieren, während die Linien der übrigen Metalle stärker hervortreten.

Einen Fixstern der Klasse Ia haben wir uns nach dem Vorgeschickten vorzustellen als einen Gasball, bei welchem sich über seiner Photosphäre eine noch sehr beträchtliche Atmosphäre wesentlich von Wasserstoff befindet. Die Temperatur dicht über den obersten Schichten der Photosphäre ist vergleichbar mit derjenigen stark gespannter elektrischer Funken. Alle anderen Metallgase ausser dem Wasserstoffe befinden sich noch so weit innerhalb der Photosphäre, dass die infolge der nach aussen stattfindenden Temperaturabnahme eintretenden Absorptionen noch nicht merklich werden. Infolge der Wärmeausstrahlung in den Raum hinein findet ein Zusammenziehen der den Stern ausmachenden Gase statt, wodurch der Temperaturverlust besonders im Inneren des Körpers noch ausgeglichen wird; aber der Temperaturabfall von der Photosphäre bis zur äussersten Grenze der Atmosphäre wird bei dem Abnehmen der letzteren ein immer schrofferer, so dass endlich die Temperaturunterschiede der obersten Schichten der Photosphäre, welche noch Metallgase enthalten, gegen die letztere so beträchtlich werden, dass die Absorptionslinien sich bemerkbar machen. In erster Linie treten auf die Dämpfe von Magnesium, Natrium (nach Ausweis der Okularbeobachtungen) und wenigen unbekannten Stoffen, zu denen in einzelnen Sternen derjenige zu rechnen ist, der die Orionlinie erzeugt.

Dieser Prozess des Zusammenziehens schreitet immer mehr vor; die Wasserstoffatmosphäre oberhalb der Photosphäre nimmt durch das Aufrücken der oberen Grenze der letzteren immer mehr an Mächtigkeit — wohl auch durch direkten Verlust nach aussen hin — ab, die Temperaturdifferenzen der oberen Schichten der Photosphäre werden immer beträchtlicher, und damit wächst auch die Absorption. Es wird zunächst der Zustand der Klasse IIa erreicht, den wir am genauesten erforschen können. Ob die

Photosphäre der Sterne dieser Klasse schon merklich kühler ist als die der Sterne Ia, möchte ich nicht entscheiden, das wesentliche meiner Anschauung ist nur, dass infolge der Zusammenziehung der Temperaturabfall oberhalb der Photosphäre ein sehr viel stärkerer wird. Wann der Zeitpunkt eintritt, wo die Zusammenziehung nicht mehr genügt, die durch Ausstrahlung eintretende Temperaturabnahme der Photosphäre — und auf diese kommt es wesentlich an, da sie ja den bei weitem grössten Beitrag zum Wärmeverluste liefert — noch auszugleichen, ist natürlich nicht anzugeben, weil keine Entscheidung zu treffen ist, ob die Intensitätsabnahme des brechbareren Teiles des Spektrums, die bei Klasse IIa und besonders bei IIIa sich merklich macht, von einer reellen Abnahme der Strahlungsintensität herrührt oder nur von einer vermehrten Absorption in der über der Photosphäre gelegenen Schicht.

Die Temperatur der absorbierenden Schichten ist bei den Sternen der II. bis III. Klasse schliesslich so weit heruntergegangen, dass sie vergleichbar geworden ist mit derjenigen des elektrischen Lichtbogens; es ist demnach durchaus plausibel, dass allmählich chemische Verbindungen sich stabil erhalten können, und damit die charakteristischen Eigentümlichkeiten der III. Spektralklasse auftreten.«

Vorkommen der Linien des Cleveïtgasspektrums in den Sternspektren. Durch Ramsay's Entdeckung ist bekannt, dass in dem Spektrum des Gases, welches aus dem seltenen Minerale Cleveït entwickelt werden kann, die Heliumlinie (D_3), welche in dem Spektrum der Sonnenchromosphäre stets mit den Wasserstofflinien zusammen auftritt, auch vorhanden ist. Diese Linie ist ausserdem in den Spektren einiger Sterne beobachtet worden, in denen die Wasserstofflinien hell erscheinen. Prof. H. C. Vogel hat nun[1]) in dem Spektrum von β Lyrae eine Anzahl von Linien des Cleveïtgasspektrums gefunden. Dadurch angeregt, hat er auch andere Fixsternspektra untersucht. Es stand ihm zu dem Zwecke ein reiches Beobachtungsmaterial zur Verfügung, von Dr. Wilsing angesammelt, der vor etwa zwei Jahren auf seine Veranlassung hin damit begonnen hat, von allen Sternen bis zur 5. Grösse, die der ersten Spektralklasse angehören, Spektrogramme anzufertigen. Da die Linie λ 447 $\mu\mu$, welche in den Spektren der Orionsterne eine besondere Rolle spielt, dem Cleveïtgasspektrum angehört und somit die Ramsay'sche Entdeckung auch über den Ursprung dieser Linie Licht verbreitet hat, hat Prof. Vogel zunächst die Spektra der helleren Orionsterne einer Durchsicht unterworfen.

Es fanden sich in der That in den Sternen β, γ, δ, ε, ζ λ, ν, π^3, π^5 und ω Orionis so viele Linien des Cleveïtgasspektrums, dass gemäss dem Spektrum das Vorhandensein dieses Gases auf jenen Sternen wohl als erwiesen zu betrachten ist. Prof. Scheiner führt in seinen Untersuchungen über die Spektra der hellen Sterne noch folgende Sterne an: α Virginis, β Persei, β Tauri und η Ursae majoris, in deren Spektren die »Orionlinie« λ 447.2 $\mu\mu$ sichtbar ist. Professor Vogel war daher überrascht, bei der Durchsicht der Spektra von etwa 150 helleren Sternen, der ersten Spektralklasse angehörig, nicht weniger als 25 Sterne ausser den zehn Orionsternen und den vier

---

[1]) Sitzber. der Kgl. Preuss. Akademie d. Wissensch. **40.** p. 947 u. ff.

von Scheiner angeführten Sternen zu finden, in deren Spektren die für die Orionsterne charakteristischen Linien, oder mit anderen Worten, die Spektrallinien des Cleveïtgases zu finden waren.

Ein richtiger Überblick über die Verteilung dieser Sterne am Himmel kann erst erhalten werden nach Abschluss der vom Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam begonnenen Arbeit, die Spektrogramme aller Sterne der ersten Spektralklasse bis etwa zur 5. Grösse herab anzufertigen und zu untersuchen, eine Arbeit, die bisher erst zum dritten Teile vollendet ist.

Prof. Vogel spricht sich bei dieser Gelegenheit über die Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren aus. »Wiederum,« sagt er, »bin ich bei der Durchsicht der zahlreichen Spektra in der Ansicht bestärkt worden, dass bei einer Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren nur allgemeine durchgreifende Merkmale aufgestellt werden sollten, und eine rationelle Einteilung nur zu denken ist, wenn sie auf dem Gesichtspunkte basiert, dass die verschiedenen Spektra der Sterne verschiedene Entwickelungsphasen derselben kennzeichnen. Meines Erachtens ist es zu bedauern, dass in der umfangreichen spektroskopischen Durchmusterung, die Pickering auf Grund der mit einem Objektivprisma aufgenommenen Spektra aller Sterne bis etwa 7. Grösse herab vorgenommen hat, die Klassifikation der Sterne, ohne von irgend einem allgemeinen Gesichtspunkte auszugehen, nur nach dem Aussehen des Spektrums, welches vielfach, durch unrichtige Exposition besonders bei helleren Sternen, entstellt ist, nach 16 mit den Buchstaben *A* bis *Q* bezeichneten Klassen erfolgt ist.

Mein früher, vor mehr als 20 Jahren, gemachter Versuch einer von dem oben bezeichneten Standpunkte ausgehenden Einteilung der Sternspektra [1]) hat trotz der enormen Fortschritte der Sternspektralanalyse in den letzten Jahren, namentlich auch durch die feinen, detaillierten Untersuchungen über die Spektra von Scheiner, im wesentlichen nur eine Bestätigung erfahren.

In bezug auf die Sterne der III. Spektralklasse ist auch jetzt noch die direkte Beobachtung in dem weniger brechbaren Teile des Spektrums der photographischen Aufnahme vorzuziehen. Für die von mir aufgestellten Abteilungen **a** und **b** fehlt das Kriterium, welche von beiden einer mehr vorgeschrittenen Entwickelung angehört, gänzlich. Es lässt sich nur so viel sagen, dass bei beiden Abteilungen die Atmosphären der Sterne so weit abgekühlt sind, dass die Dissociation der Stoffe aufhört, und Verbindungen sich halten können. Es ist deshalb kein Grund gegeben, die Sterne der Klasse III b, bei welchen hauptsächlich Kohlenwasserstoffe die Absorptionsbänder hervorbringen, in eine besondere IV. Klasse zu verweisen. Desgleichen ist zur Erkennung der Spektra der II. Spektralklasse die direkte Beobachtung sehr geeignet. Auch hier ist kein Grund vorhanden, andere Unterabteilungen, als die beiden von mir angenommenen, aufzustellen, ehe noch genauere Untersuchungen über die Spektra der Klasse II b vorliegen.

Anders verhält es sich mit den Spektren der I. Spektralklasse. Bei diesen Spektren ermöglicht die Anwendung der Photographie, im allgemeinen weiter zu gehen und feinere Unterscheidungsmerkmale aufzustellen, als es früher der Fall war. Es scheint auch das Studium des Spektrums dieser Sterne insofern von besonderm Interesse, als man, von dem einfachsten Spektrum, in dem nur die Wasserstofflinien erkennbar sind, ausgehend, die ersten Spuren einer weiteren Entwickelung durch das Hinzutreten von Linien anderer Stoffe auffinden und verfolgen kann bis zu den mit zahl-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 2000.

losen Linien durchzogenen Spektren der II. Spektralklasse. Vielleicht gelingt es bei noch weiterer Erforschung der Einzelheiten in den Spektren der Klasse I, die ersten Anfänge und einzelne Glieder der beiden auseinandergehenden Reihen zu finden, deren Endglieder die im Aussehen so verschiedenen Spektra der Spektralklasse IIIa und IIIb sind.

Im besonderen haben mich die oben mitgeteilten Beobachtungen zu der Ansicht geführt, dass das Auftreten der Linien des Cleveïtgases in den Sternspektren sehr zu beachten ist und ein geeignetes Mittel zur Klassifikation der Spektra abgeben kann. Das Cleveïtgas hat in seinem spektralen Verhalten so viel Ähnlichkeit mit dem Wasserstoffe, wie das schon längst bekannt ist durch das stets gemeinsame Auftreten der Linie D_3 mit den Wasserstofflinien an allen Stellen der Chromosphäre der Sonne, sowie in den Protuberanzen, dass man neben den Wasserstofflinien an erster Stelle das Auftreten der Spektrallinien des Cleveïtgases erwarten kann. Das linienarme Spektrum dieses Gases ist ganz besonders geeignet, leicht erkannt zu werden.

Ich glaube, dass die nachstehende Einteilung der Sterne der ersten Spektralklasse dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft entsprechen dürfte und für längere Zeit wird gebraucht werden können. Ich bin bei der Aufstellung derselben bestrebt gewesen, mich möglichst der früher von mir gegebenen Einteilung anzuschliessen. Nach dem heutigen Standpunkte dürfte es vielleicht besser erscheinen, die selten vorkommenden Sterne, in deren Spektren die Linien hell sind, an erste Stelle zu setzen, als auf der ersten Stufe der Entwickelung stehend; da aber eine definitive Entscheidung über diese Frage meines Erachtens noch nicht zu treffen ist, habe ich aus formalen Gründen die frühere Reihenfolge beibehalten und diese Sterne wieder in eine dritte Abteilung (c) vereinigt.

Klasse I der Sternspektra. Kontinuierliche Spektra, deren brechbarere Teile, Blau und Violett, durch Intensität besonders auffallen. Die Spektra sind durchsetzt von der ganzen Reihe der Wasserstofflinien, die als dunkle, breite, verwaschene, seltener scharf begrenzte und dann schmälere Absorptionslinien erscheinen und im allgemeinen die ausserdem in den Spektren sich zeigenden Linien anderer Metalle an Intensität erheblich übertreffen.

Ganz selten treten die Wasserstofflinien und Linien anderer Stoffe nicht als Absorptionslinien auf und erscheinen dann als helle Linien auf kontinuierlichem Spektralgrunde.

a) 1. Spektra, in denen nur die Wasserstofflinien als breite, stark entwickelte Linien erscheinen, andere Spektrallinien aber nicht zu erkennen sind.

2. Spektra, in denen neben den Wasserstofflinien noch Linien von anderen Metallen, namentlich von Calcium, Magnesium und Natrium, jedoch keine Linien des Cleveïtgases auftreten. Die Calciumlinie λ 393.4 $\mu\mu$ erscheint in diesen Spektren scharf geschnitten; sie kommt den Linien des Wasserstoffes an Breite nicht gleich. Die Spektrallinien der anderen Metalle sind nur zart und bei Anwendung geringer Zerstreuung schwer zu erkennen.

3. Spektra, in denen die Ca-Linie λ 393.4 $\mu\mu$ von nahe gleicher Intensität mit den Wasserstofflinien erscheint, in seltenen Fällen auch dann noch an den Rändern scharf begrenzt ist, oder breiter und intensiver als die Wasserstofflinien und stark verwaschen mit der durch die Ca-Linie λ 396.9$\mu\mu$ verstärkten und verbreiterten Wasserstofflinie $H\epsilon$ (λ 397.0$\mu\mu$) ein auffallendes Linienpaar bildet. In den Spektren dieser Abteilung sind die Linien des Cleveïtgases nicht zu erkennen; dagegen treten stets zahlreiche und kräftige Linien verschiedener Metalle, besonders auch Eisenlinien auf; die Wasserstofflinien dominieren jedoch immer noch. $H\delta$ tritt unter den Linien deutlich hervor, und die Liniengruppe G ist weniger auffallend als $H\gamma$.

Diese Unterabteilung bildet den direkten Übergang zur Spektralklasse II, bei welcher die Wasserstofflinen gegen die Linien anderer Metalle keine hervorragende Rolle mehr spielen.

b) Spektra, in denen neben den stets dominierenden Wasserstofflinien die Linien des Cleveïtgases, vor allem die Linien von den Wellenlängen 402.6$\mu\mu$, 447.2$\mu\mu$, 501.6$\mu\mu$, und 587.6$\mu\mu$ (D_3) erscheinen. (Die stärkste Linie im Violett, λ 488 9$\mu\mu$, fällt so nahe mit $H\zeta$ zusammen, dass sie nicht zur Erkennung des Cleveïtgases in Sternspektren geeignet erscheint.) Ausserdem treten in den Spektren dieser Abteilung mehr oder minder zahlreich die Linien der Spektren von Calcium, Magnesium, Natrium und Eisen auf.

c) 1. Spektra mit hellen Wasserstofflinien.

2. Spektra, in denen ausser den Wasserstofflinien noch die Linien des Cleveïtgases und Linien von Calcium, Magnesium und anderen Metallen hell erscheinen.«

Photographische Aufnahmen des grossen Orionnebels sind von A. Riccò und A. Mascari auf der Sternwarte zu Catania gemacht worden[1]). Die erste wurde bereits im März 1893 mit einem unvollkommenen Instrumente erhalten, dieser folgten im Jahre 1894 vier andere mit vortrefflichen Apparaten und einer Expositionsdauer von $4^h\ 8^m$. Von den erhaltenen Negativen sind vergrösserte Positive im Verhältnisse von 1 : 2 hergestellt worden, und zwar von den Platten, welche 10^m, 30^m, 73^m, 99^m und 248^m lang exponiert gewesen. Die Photographien des grossen Nebels zeigen nun zunächst, dass mit der Zunahme der Expositionszeit von einigen Minuten bis zu einigen Stunden das Bild, welches zuerst nur aus dem mittleren und helleren Teile des Nebels besteht, allmählich sich ausdehnt auf die äusseren, nicht hellen Teile, wo neue Massen und neue Besonderheiten erscheinen; gleichzeitig bemerkt man, dass bei den kurzen Expositionen die Sterne im Nebel und andere Eigentümlichkeiten desselben ziemlich deutlich erscheinen, bei den langen Expositionen hingegen der zentrale Teil gleichmässig wird ohne Abstufungen der Intensität und ohne Unterscheidung der Teile. Von der Photographie mit $4^h\ 8^m$ Exposition wurde noch eine stärkere Vergrösserung im Verhältnisse von 1 : 3.4 hergestellt. Eine Vergleichung mit anderen Photographien desselben Objektes ergiebt, dass die Photographie von Catania schärfer und vollständiger ist als die mit neunstündiger Exposition auf der Vatikanischen Sternwarte erhaltene, und sicherlich nicht geringwertiger als die von Roberts mit einer Exposition von $3^h\ 25^m$ und fast doppelter Lichtmenge. — Der komplizierte und sehr interessante Nebel um 42 Orionis beginnt auf den Photographien zu erscheinen, welche etwa 1^h exponiert sind, und ist vollkommen bei einer Exposition von etwa $2^1/_2{}^h$, bei Expositionen von $4^1/_2{}^h$ ist er sehr schön und ausgedehnt. Er besteht aus drei bis vier leuchtenden Massen von verschiedener Form, die durch einen dunklen, in Gestalt eines Y verzweigten Kanal getrennt sind; im Süden beobachtet man eine dunkle Mündung; ein wunderbares Netz heller Fäden verbindet die Nebelsterne mit den leuchtenden Massen. In bezug auf diesen Nebel übertreffen die Bilder von Riccò alle früheren. — Riccò vergleicht

[1]) Rendiconti R. Accademia dei Lincei 1895. Ser. V. 4. (1) p. 339.

seine Photographien mit den besten Zeichnungen des Orionnebels und führt die Gründe an, welche die Verschiedenheiten zwischen photographisch aufgenommenen und gezeichneten Bildern ausreichend erklären.

Darin stimmt er mit den Ergebnissen einer früheren Untersuchung von O. Struve überein.

Photographische Aufnahmen des Orionnebels sind auch von William Pickering und anderen Mitarbeitern der Harvard-Sternwarte in Cambridge ausgeführt worden[1]). Die (22) Platten dienten zu einer genauen Untersuchung des Nebels und der in ihm stehenden Sterne, sowie zu einer Vergleichung mit der grossen Arbeit von Bond über den Orionnebel. Veränderungen in der Gestalt des Nebels sind seit 1880, wo Henry Draper die erste photographische Aufnahme desselben machte, nicht nachweisbar, doch haben möglicherweise einige Partien desselben Helligkeitsänderungen erlitten. Eine Aufnahme vom 14. März 1880 an einem 13zölligen Teleskope mit einer Expositionsdauer von 2.6^h zeigte die Grenzen des Nebels so, wie sie von Lassell an seinem vierfüssigen Reflektor auf Malta gesehen wurden. Die schwächsten Sterne auf der Platte sind 15. Grösse. Der kleine Nebel nördlich ist durch eine schwache Nebeligkeit mit dem Hauptnebel verbunden. Was den physischen Zusammenhang des Nebels mit einigen der in ihm sichtbaren Sterne anbelangt, so kann nach W. Pickering darüber kein Zweifel sein, auch wird ein solcher durch das Aussehen der Spektren dieser Sterne bestätigt.

---

[1]) Annales of the Obs. of the Harvard-College **32**. Part I.

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Die mögliche Veränderlichkeit der Erdrotation besprach Prof. Deichmüller in der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn[1]). Leverrier legte seinen Sonnentafeln eine konstante Rotationsdauer der Erde für alle Zeiten zu grunde. Der Beweis für die letztere Behauptung ist aber noch nicht erbracht. Da die Erde sich in einem viel kälteren Raume bewegt, als sie selbst ist, verliert sie fortwährend Wärme an den Weltraum, wodurch die Oberflächenteile sich der Rotationsaxe nähern, und ihre bisherige Rotationsgeschwindigkeit sich beschleunigt. Wenn nun die Wärmezufuhr von der Sonne jenen Verlust nur so weit ersetzt, dass eine Temperaturabnahme des Erdkörpers von $^{1}/_{50}{}^{0}$ Celsius übrig bleibt, so muss sich der mittlere Erdradius schon um einen Meter und die Tageslänge um 0.02 Zeitsekunden verkürzen. Anderseits ist durch das Wandern der von Sonne und Mond hervorgerufenen Flutwelle der Ozeane und ihr Anschlagen an die Ostküsten der Kontinente eine Verzögerung der Erdrotation um 22 Sekunden im Jahrhunderte plausibel; und ebenso wirkt der fortwährende Niederschlag kosmischer Materie auf den Erdkörper, wie er uns durch Meteore und Sternschnuppen in die Erscheinung tritt, verzögernd auf die Erdrotation. Es fällt also der Himmelsmechanik die zweite Hauptaufgabe zu, aus den Bewegungserscheinungen der Gestirne nachzuweisen, in welcher Weise jene die Erdrotation ändernden Ursachen auftreten, oder inwieweit sie sich ausgleichen. Deichmüller zeigte, dass die Darstellung der seit 1750 angestellten 9000 Meridianbeobachtungen der Sonne, welche Leverrier seiner Sonnentheorie zu grunde gelegt hat, keineswegs die Konstanz der Erdrotation nachweist, dass sie vielmehr für Änderungen dieser Grösse einen ziemlich weiten Spielraum offen lässt. Die beste Darstellung der Mondbewegung von Hansen-Newcomb deutet auf ein Zurückbleiben unserer Zeit von 1675—1775 um 49 Zeitsekunden und auf ein Voreilen um 29 Sekunden von 1775—1875. Indessen sind die Ergebnisse eines einzigen Himmelskörpers wegen der Unsicherheit der Störungen in den Bahnelementen (hier der Exzentrizität der Mondbahn durch

---

[1]) Sirius 1895. p. 231.

die Planetenstörungen) nicht einwurfsfrei. Ebenso haben vereinzelte Vergleichungen v. Glasenapp's und Newcomb's von Finsternissen der Jupitertrabanten zu keinem Ergebnisse geführt. Deichmüller weist nun darauf hin, dass die Erforschung des Gesetzes der Erdrotation nur durch eine systematische Beobachtung der Bahnbewegungen der zwanzig Planetensatelliten gelingen wird. Bei dem wahrscheinlich leicht beweglichen Erdinneren werden Massenverschiebungen in bezug auf die Rotationsaxe und damit Änderungen der Rotationsgeschwindigkeit in kurzen Perioden auftreten. Alle jene säkularen und diese periodischen Änderungen müssen sich nun in den zwanzig Satellitenbahnen in derselben Weise und bei den verschiedenen Monden im umgekehrten Verhältnisse der Bahnlänge widerspiegeln. Damit wird es aber möglich, diese Unstetigkeit von anderen Ungleichheiten der Umlaufsbewegung zu trennen. Zur Schaffung des auf Mikrometermessungen zu beschränkenden Beobachtungsmateriales reichen die an den meisten inländischen Sternwarten vorhandenen Refraktoren kaum für die Hälfte der Planetenmonde aus; es müsste eine regelmässige Mitwirkung der mächtigeren ausländischen Teleskope erstrebt werden.

Die internationale Erdmessung. Direktor Helmert machte auf der in Innsbruck abgehaltenen Konferenz der Permanenten Kommission der internationalen Erdmessung Mitteilungen über den Gang der Rechnungen für die grosse europäische Längengradmessung in 52° Breite[1]). Hiernach hat sich ergeben, dass im westlichen Teile des Bogens, zwischen Feaghmain und Warschau, die Lotabweichungen in Länge gegen den angenommenen Nullpunkt (Rauenberg bei Berlin) den Betrag von 10″ nirgendwo erreichten. Aber auch in russischen Teilen des Bogens, wo man früher Abweichungen bis zu 38″ annahm, haben neue Bestimmungen der Längenunterschiede diese Differenzen bis auf weniger als die Hälfte herabgemindert.

Die Bewegung des Nordpoles der Erdaxe hat A. Marcuse aus den in den Jahren 1891—1894 angestellten Polhöhenmessungen abgeleitet[2]). Für die wirkliche Bahn des Poles der Erdaxe, ohne irgend welche Annahmen über die Periodendauer und den Verlauf dieser Axenbewegungen im Erdkörper herzuleiten, konnte von den seit 1889 an zahlreichen Stationen ausgeführten fortlaufenden Beobachtungsreihen der Polhöhe bisher nur eine kleinere Zahl Verwertung finden. Die Messungsreihen aus den Jahren 1889 und 1890 beschränkten sich im allgemeinen auf solche Stationen, welche nur wenige Längengrade voneinander entfernt lagen. Für den Zeitraum Januar-Dezember 1890 hat sich allerdings aus der Übersicht von

[1]) Verhandlungen der vom 5. bis 12. September 1894 in Innsbruck abgehaltenen Konferenz der Permanenten Kommission der internationalen Erdmessung. Berlin 1895.

[2]) Verhandlungen der Permanenten Kommission der internationalen Erdmessung zu Innsbruck 1894. Berlin 1895.

Prof. Albrecht brauchbares Material zur Ableitung der Erdaxenbewegung für die Stationen Pulkowa, Prag, Berlin und Bethlehem (Nord-Amerika) ergeben. Dasselbe konnte aber nicht vor Abschluss vorliegender Untersuchung bearbeitet werden und wird daher erst später, zugleich mit dem bisher noch nicht zugänglichen Materiale von Breitenmessungen, in einer ausführlichen Publikation des Zentralbureaus Berücksichtigung finden. Vom Juni 1891 bis September 1892 dagegen lagen fortlaufende Polhöhenreihen auf sieben Stationen, die sich über etwas mehr als den halben Erdumfang verteilen, fertig berechnet vor. Vom Oktober 1892 bis zum Juli 1894 endlich konnten die Ergebnisse der Messungsreihen von drei Breitenstationen benutzt werden, welche in Länge einen Bogen von etwa 120° umspannen. Es ist erklärlich, dass im Rahmen der bisherigen freiwilligen Kooperation die Verteilung der Stationen keine besonders günstige gewesen ist. Immerhin war es von Interesse, aus dem vorhandenen Beobachtungsmateriale eine Bestimmung der Bahn des Poles der Erdaxe herzuleiten, um über die Form dieser Bewegung hypothesenfreien Aufschluss zu gewinnen, die beim vorliegenden Probleme bereits erreichten oder überhaupt anzustrebenden Genauigkeitsgrenzen kennen zu lernen, und endlich für beliebige Orte stets innerhalb der durch die verwerteten Polhöhenmessungen begrenzten Zeitintervalle, vielleicht brauchbare Ephemeriden für die faktischen Änderungen der astronomischen Breiten, Längen und Azimute herzuleiten.

Verf. zeigt nun näher die Art und Weise seiner Berechnungsmethode, nach welcher die Koordinaten der Punkte der Polkurven, sowie deren Gewichtsbestimmungen erhalten wurden. Es wurden zwei Polkurven abgeleitet, die eine aus sieben Stationen für Juni 1891 bis September 1892, die andere aus drei Stationen für Oktober 1892 bis Juli 1894.

»Die Unsicherheit in der Ableitung der Kurve I aus sieben Stationen ist immer noch etwas grösser als diejenige der Kurve II aus nur drei Stationen. Dies hat seinen Grund einmal in der bei I viel weniger günstigen Verteilung der Stationen mit bezug auf die Längen, dann aber auch darin, dass die Breitenbeobachtungen auf der Station Rockville mit systematischen Fehlern behaftet zu sein scheinen. Wiederholte Versuche, die Polkurve I unter Ausscheidung der Station Rockville und mit verschiedener Kombinierung der übrigen Stationen herzuleiten, haben zu keinem befriedigenden Ergebnisse geführt. Um ein hypothesenfreies Bild der Erdaxenbewegung zu erhalten, sind beide Polkurven getrennt auf einer Tafel gezeichnet worden. Zwischen dem Endpunkte von I, 1. September 1892, und dem Anfangspunkte von II, 20. Oktober 1892, könnte die Lücke in dem Verlaufe der Breitenmessungen nur durch die Beobachtungen der einen Station Strassburg überbrückt werden, ohne dass es dadurch gelänge, den Anschluss beider Kurven in sicherer und eindeutiger Weise festzulegen. Immerhin dürfte es

mehr als wahrscheinlich sein, dass der Anfangspunkt von H etwa um 0.15″ nach rechts über dem Endpunkte von I fallen dürfte. Da der unten auf der Tafel angegebene Massstab bei beiden Polkurven derselbe ist, und da ausserdem beide Polkurven in gleicher Weise nach dem Meridiane von Pulkowa orientiert sind, lassen sich unmittelbar einige nicht unwichtige Schlussfolgerungen aus der graphischen Darstellung ziehen.

Zunächst ergiebt sich, dass die Bewegung der Erdaxe für 1891—1894 von West nach Ost im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers eine elliptisch-spiralförmige gewesen ist, deren Ausschläge, gewissermassen durch allmähliche Dämpfungen, stetig abgenommen haben. Ferner ist es charakteristisch, wie sich sozusagen die Ebene der grössten Schwingungen innerhalb kurzer Zeit gedreht hat. Während nämlich für 1891—1892 die Maximalausschläge der Erdaxe in einer Ebene stattfanden, welche mit dem Pulkowaer Meridiane einen Winkel von 40° (von Osten durch Norden gezählt) bildete, hat sich in den Jahren 1892—1894 die Richtung der Hauptausschläge dieser Bewegung um fast 90° weiter nach Westen gedreht.

Die besprochenen Polkurven enthalten die wesentlichsten Daten für Grösse und Richtung der Polverschiebungen, um daraus für beliebige Orte auf der Erdoberfläche die Änderungen ihrer geographischen Breiten und Längen, sowie der Azimute innerhalb der von den Kurven umfassten Zeiträume herzuleiten.«

Zum Schlusse wird noch erwähnt, dass bei der der Permanenten Kommission der Erdmessung vorgeschlagenen Organisation des Polhöhendienstes durch Errichtung von vier, möglichst symmetrisch in Länge voneinander abstehenden und auf demselben Parallelkreise gelegenen Stationen die Ermittelung der Polverschiebungen sich in besonders günstiger und sicherer Weise gestalten dürfte.

Relative Schwerebestimmungen durch Pendelbeobachtungen sind in den Jahren 1892—1894 durch die österreichische Reichs-Kriegsmarine an den Küsten der Adria und auf transozeanischen Stationen ausgeführt worden. Die Ergebnisse wurden unlängst in einem stattlichen Bande veröffentlicht[1]). Durch diese Arbeiten ist der grösste Teil der Küste und Inseln des Adriatischen Meeres systematisch erforscht, und zum ersten Male erkennt man den wahren, ganz eigentümlichen Verlauf der Schwere daselbst ohne Zuhilfenahme von Vermutungen, lediglich konstruiert auf der sicheren Basis der zahlreichen Beobachtungsergebnisse. Als Ausgangsstation für diese relativen Schweremessungen diente der Beobachtungskeller des k. und k. militärgeographischen Instituts in Wien, für welchen Punkt die absolute Schwerkraft $g_w = 9.808\,76$ m beträgt. Zur Verwendung kam natürlich der Pendelapparat des Systems Sterneck, dessen Beschreibung in obigem Werke gegeben ist. Die von der

[1]) Relative Schwerebestimmungen, ausgeführt durch die k. und k. Kriegsmarine in den Jahren 1892—1894. Wien 1895.

Marinesektion des k. und k. Reichs-Kriegsministeriums angeordneten Messungen an der Adria wurden im Anschlusse an die von seiten des k. und k. militärgeographischen Instituts unter Leitung des Obersten R. v. Sterneck ausgeführten und noch auszuführenden Messungen veranstaltet. Die Untersuchungen geschahen in den Sommermonaten 1893 an der österreichischen, im Sommer 1894 an der italienischen Ostküste, sowie an einigen Orten im Inneren und an der Westküste dieses Königreiches.

Um von der Verteilung der Schwerkraft auf den untersuchten Gebieten ein Bild zu erhalten, wurden die Beobachtungsergebnisse in Karten eingetragen und die Kurven gleicher Schwereabweichung, sowie jene gleicher absoluter Schwerkraft im Meeresniveau gezogen. Tafel III giebt eine verkleinerte Reproduktion der so ermittelten Linien gleicher Schwereabweichung nach den in Rede stehenden Beobachtungen des k. und k. Linienschiffs-Lieutenants Anton Edler von Triulzi. Das Original dieser Karte in obigem Werke enthält noch zahlreiche Einzelangaben. Die Angaben sind in Einheiten der 5. Dezimale von g gegeben. Das Profil AB (Capri-Vieste) zeigt deutlich die Zunahme der Schwere vom Lande gegen das Meer. Die einzelnen Orte auf diesem Durchschnitte sind auf der gebrochenen Linie nach ihrer Höhenlage (gemäss dem Höhenmassstabe links, bis zu 400 *m*) aufgetragen. Die Kurve zeigt die Zu- und Abnahme der Schwere in Hundertsteln des Millimeters von g. Man sieht, dass die kleinste Schwere in der Mitte, nahezu am höchsten Punkte liegt, nach Osten und Westen nimmt sie dann gegen das Meer sehr regelmässig zu. »Der gleichförmige Verlauf der Linie gleicher Schwereabweichung entlang den Küsten und Gebirgen lässt einen Zusammenhang der geologischen Formation mit der Schwerkraft vermuten.

Wie schon zu wiederholten Malen, wurde auch diesmal die Schwere in den Gebirgen verhältnismässig klein, über Tiefebenen und Meeren relativ gross gefunden.

Als Ursache dieser Abweichungen nimmt man Massendefekte und Massenanhäufungen in der Erdkruste nahe der Oberfläche an, durch welche die Grösse der Schwerkraft auf der Erdoberfläche beeinflusst wird. Die Massendefekte wird man sich nicht als wirkliche Hohlräume, sondern als Massen von geringerer Dichte oder lockerer Struktur zu denken haben. Zur Erklärung der geringen Schwere in den Alpen genügt es, dass bis zu einer Tiefe von etwa 200 *km* die Erdschichten eine um wenige Prozente geringere Dichte haben.

Massenanhäufungen kann man sich durch Senkungen entstanden denken; je mehr sich eine Gegend einsenkt, desto dichter werden die Massen zu lagern kommen. Besonders grosse Senkungsgebiete sind die Meere, weshalb wahrscheinlich die Erdschichten unter dem Meeresboden besonders dicht sind, jedenfalls dichter als in gleicher Tiefe unter den Kontinenten. Die Schwerkraft wird mithin auf

ozeanischen Inseln, die etwa durch vulkanische Kraft entstanden sind, besonders gross sein, wie dies auch alle bisherigen Messungen bestätigt haben.

Die Zunahme der Schwerkraft vom Lande gegen die Mitte der Adria ist nicht überall gleich, sondern teilweise von der Zunahme der Tiefe abhängig.

Der regelmässige Verlauf der Kurven wird im südlichen Teile der Adria, bei Curzola, plötzlich gestört. Dieses Gebiet stimmt mit dem magnetischen Störungsgebiete in diesen Gegenden so auffallend überein, dass diese Thatsache zu weiteren Forschungen anregt, die vielleicht einen Zusammenhang zwischen diesen beiden überall wirkenden Naturkräften ergeben werden.

Die Kurven gleicher Schwere laufen, wie aus Tafel III ersichtlich, keineswegs mit den Parallelkreisen zusammen, sondern sie weichen über Gebirge nach Norden, über Tiefebenen und Meeresgebiete nach Süden von ihnen ab.

Als Resultate der Schwereuntersuchungen in der Adria lassen sich folgende Punkte aufstellen:

1. Über Meeresgebieten nimmt die Schwerkraft mit der Abnahme der Bodenerhebung zu.

2. In Gebirgsgegenden ist die Schwerkraft relativ klein, über dem Meere und über Tiefebenen relativ gross.

3. Es scheint, dass zwischen Schwerkraft und Erdmagnetismus ein bisher nicht erforschter Zusammenhang besteht.

4. Die Linien gleicher Schwere weichen über Gebirgsgegenden nach Norden, über Tiefebenen und Meeresbecken nach Süden von den Parallelkreisen ab.

5. Nach der oben erwähnten Theorie wäre die Adria, die Poebene und auch der südliche Teil Italiens eingesunkenes Gebiet.

6. Es scheint, dass das Gebiet normaler Schwere mit den »Stosslinien« zusammenläuft.

Die theoretischen Werte von g sind nach der von Helmert gegebenen Formel: $g_c = 9.780\ (1 + 0.005\,310 \sin^2 \varphi)$ berechnet, wo φ die geographische Breite des betreffenden Ortes ist. Die nebenstehende Tabelle (S. 107) enthält für eine Anzahl Stationen in Europa die mittels des Sterneck'schen Apparates bestimmten Werte von g.

Relative Schwerebestimmungen im Rheinthale zwischen Bodensee und Basel mit dem v. Sterneck'schen Apparate hat Dr. J. B. Messerschmitt 1893 ausgeführt[1]). Als Vergleichsstation der schweizerischen Messungen wurde die Sternwarte in Zürich genommen, die an Wien angeschlossen ist. Von den 15 Stationen

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3274.

Station	Lokal	Beobachter	Geogr. Breite ° ′ ″	Höhe ü. d. Meere m	Länge d. Sekund.-pendels mm	g in m
Wien	Militärgeographisches Institut (Kellerpfeiler)	Sterneck	48 12 40	183	993.835	9.80876
Wien	Souterrain-Lokale unter dem nördlichen Flügel der Universitäts - Sternwarte. Pfeiler mit Markierung	Oppolzer	48 13 57	236	993.825	9.80866
München	Sternwarte i. Bogenhausen. Ovaler Marmorpfeiler im Meridianssaale	Sterneck	48 5 46	529	993.692	9.80735
Padua	Sternwarte. Fensternische im 1. Stock des massiven Turmes	Sterneck	45 24 3	19	993.628	9.80671
Berlin	Gebäude der Normal-Aichungs-Kommission. Pfeiler im Komparatorsaale	Sterneck	52 30 17	37	994.268	9.81303
Potsdam	Geodätisches Institut. Pfeiler im Pendelsaale	Sterneck	52 22 51	88	994.258	9.81293
Hamburg	Deutsche Sternwarte. Pfeiler im Stiegenhause des magnet. Observatoriums	Sterneck	53 32 49	24	993.367	9.81400
Paris	Sternwarte. Observatoire national. Pfeiler im Pendelsaale.	Sterneck	48 50 11	73	993.923	9.80963
Greenwich	Sternwarte. Pfeiler (Höhe 60 *cm* im Record Room)	Sterneck	51 28 38	48	994.163	9.81200
Kew	Observatory. Ziegelpfeiler mit Schieferplatte im Sextanten - Prüfungszimmer (Souterrain)	Sterneck	51 28 6	5	994.122	9.81160
Strassburg	Universitäts - Sternwarte. Östlicher Pfeiler im westlichen Meridianssaale (Hochparterre)	Sterneck	48 35 1	140	993.876	9.80916
Budapest	Physikalisches Institut der Universität. Souterrain-Lokale unter dem Laboratorium	Křifka	47 29 43	122	993.818	9.80860
Christiania	Sternwarte	Schiötz	59 54 44	28	994.923	9.81950
Edinburgh	Pavillon der Sternwarte Calton Hill (ebener Erde)	Gratzl	55 57 23	104	994.569	9.81600
Mailand	Sternwarte	Lorenzoni	45 27 59	139	993.522	9.80567
Rom	Physikal. Laboratorium der Scuola di Applicazione per gli Ingegneri	Lorenzoni	41 53 36	59	993.316	9.80363

liegen zehn im Rheinthale, die übrigen in geringer Entfernung davon im Jura und Schwarzwalde. Längs des Bodensees findet sich die Schwere kleiner als normal (wie in Tirol), rheinabwärts nähert sie sich allmählich dem normalen Werte, welcher in der Gegend von Säckingen erhalten wird, von dort ab ist sie grösser als der normale Wert, so dass hier (bei Rheinfelden und Basel) ein Massenüberschuss anzunehmen ist. Dies stimmt mit der geologischen Formation überein. Vom Bodensee bis Säckingen gehen die Schwarzwaldmassen; hier beginnt dann eine grosse Verwerfung, bei welcher eine Granitscholle in die Tiefe abgesunken ist, welche westlich vom Werrathale an sich bis gegen Basel erstreckt. In den weiter entfernten Teilen des Jura, wie Lägern, wird die Schwere kleiner als die normale gefunden um einen Betrag, der auf der ganzen schweizerischen Hochebene zwischen Bodensee und Genfersee nahezu gleich ist. Weiter gegen das Gebirge hin wird dagegen, gleichwie in Tirol, ein bedeutend grösserer Unterschied erhalten.

Pendelbeobachtungen in Norwegen. O. Schiötz hat mit dem v. Sterneck'schen Apparate die 1892 begonnenen Schweremessungen im nördlichen Norwegen fortgesetzt[1]) und folgende Ergebnisse erhalten, wobei g^0 die nach Helmert's Formel: $g^0 = 9.780 (1 + 0.005\,310 \sin^2 \varphi)$ berechnete normale Schwerebeschleunigung im Meeresniveau bezeichnet:

Ort	φ	λ (E. G.)	g aus den Beob., a.d. Meeresspiegel reduziert	g^0
Christiania (Sternwarte) .	59° 55'	10° 44'	9.81958	9.81888
Tromsö	69 40	18 57	2596	2566
Bossekop	69 58	23 15	2584	2584
Vadsö	70 4	29 47	2631	2500
Auf Fuglenaes	70 40	23 40	2655	2624
Gjaesvaer	71 6	25 22	2711	2649
Mehavn	71 1	27 47	2713	2544

Änderungen in der Anziehungskraft der Erde will F. M. Pfaff in München beobachtet haben[2]). Der Apparat, dessen er sich bei seinen Beobachtungen bediente, besteht aus einer Spiralfeder und einer Kette, beide aus demselben Stahldrahte gefertigt und in derselben Weise gehärtet und angelassen. Die Feder ist aus einem Stücke gewickelt, hat 598 Umgänge und war, ohne dass sie sich um 0.01 *mm* verändert hätte, seit dem Jahre 1890 mit 1278 *g* belastet und bis auf eine Länge von 1.600 *m* ausgedehnt gewesen. Bei diesen Versuchen dagegen war die Feder nur mit 725 *g* bis zu einer Länge von 1.3 *m* ausgedehnt worden. Feder und Kette

[1]) Schiötz, Resultate der im Sommer 1893 ausgeführten Pendelbeobachtungen. Christiania 1894.

[2]) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft **46.** p. 769.

hingen so nahe bei einander, dass sie sich nicht berühren konnten. An der Kette hing in einem hufeisenförmig gebogenen Stahlhalter, die der Vorderseite des Spiegels entgegengesetzt eine zweite, jedoch nach oben gerichtete Schneide trug.

Auf diese zweite Schneide legte sich von der Feder aus ein kleiner Arm von oben, wiederum mit einem Achatlager. Der Arm war am unteren Ende der Feder so befestigt, dass er sich gegen leichten Druck, wie ihn das Bewegen des Spiegels erforderte, nur parallel mit sich selbst auf und ab bewegen konnte. Dieses System hing an einer gemeinsamen Kette in zwei Haken, die durch einen starken Eisenstift mit Ring an der Wand aufgehängt war. Der ganze Apparat war mittels Gummistopfen fest in einem Glasrohre eingeschlossen, an dessen unterem erweiterten Teile ein Spiegelglasfenster zur Spiegelablesung eingelassen war. Im untersten Teile des Rohres befand sich zum Trocknen der Luft Chlorcalcium.

Die entgegengesetzten Schneiden, auf denen einerseits die Feder durch den Arm, anderseits der Spiegel aufruhte, hatten voneinander eine Entfernung von 1 *mm*. Die Ablesung geschah mittels eines Fernrohres, das noch erlaubte, $^1/_2$ *mm* deutlich abzulesen. Die Skala war in der üblichen Weise neben dem Fernrohre angebracht und in einzelne Millimeter geteilt.

Die Beobachtungen wurden in den Monaten Februar und März 1894 zu Freiburg i. B. angestellt, nachdem der Apparat in einem in Gneiss gehauenen Keller aufgestellt worden, dessen Umgebung keinerlei Erschütterungen ausgesetzt ist. Verf. giebt nur einige Beobachtungen, er findet den Gang des Apparates völlig unbeeinflusst vom Thermometer- und Barometerstande, ebenso von der Feuchtigkeit. Er hält dafür, dass die angezeigten Schwankungen allein auf die Anziehung der Sonne und des Mondes zurückzuführen sind, abgesehen von gelegentlichen Störungen durch Bewegungen im Gebirge, welche den Boden auf weite Strecken hin beunruhigen.

Der Zustand des Erdinneren. A. C. Lane stellt [1]) die (nicht mehr neue) Hypothese auf, dass das Erdinnere flüssig und mit Gasen gesättigt, aber durch den ungeheuern, darauf lastenden Druck erstarrt sei. Vulkanische Eruptionen treten ein, wenn die Gase längs der Wände von sehr tief setzenden Spalten entweichen. Ob aber solche Spalten, wo das Gestein bei aufgehobenem Drucke schmelzflüssig wird, möglich sind, bleibt fraglich. Nach den Versuchen von Kick müssen die Gesteinsmassen schon in 8000 *m* Tiefe plastisch werden, also lange vor Erreichung des Schmelzflusses, was allerdings die Möglichkeit so tief niedersetzender Spalten, wie Lane annimmt, ausschliesst.

---

[1]) Bull. Geolog. Soc. of America **5.** p. 259 u. ff.

2. Oberflächengestaltung.

Das Areal der Landflächen nach Zonen hat Professor Hermann Wagner neu ausgemessen[1]). Die Ergebnisse dieser Bestimmung sind folgende:

	Zone	Landfläche *qkm*	Wasserfläche *qkm*	Prozente Land	Prozente Wasser
N.	80—90	[1000]	[2908]	[25]	[75]
	70—80	3343	8252	28.8	71.2
	60—70	13491	5414	71.4	28.6
	50—60	14582	11024	56.9	43.1
	40—50	16485	15011	52.3	47.7
	30—40	15581	20823	42.8	57.2
	20—30	15122	25076	37.6	62.4
	10—20	11249	31530	26.3	73.7
	0—10	10049	34036	22.8	77.2
S.	0—10	10431	33654	23.6	76.4
	10—20	9437	33342	22.1	77.9
	20—30	9311	30887	23.1	76.9
	30—40	4167	32237	11.4	88.6
	40—50	996	30500	3.2	96.8
	50—60	205	25401	0.8	99.2
	60—70	1000	[17905]	[5]	[95]
	70—80 } 80—90 }	[8000]	[7503]	[50]	[50]
oder:					
N.	0—90	100902	154073	39.6	60.4
S.	0—90	43547	211428	17.1	82.9
	Summe:	144449	365501	28.3	71.7

Die beiden letzten Zahlen würden also das Verhältnis von Landfläche zu Wasserfläche auf der Erde angeben.

Ohne die hypothetischen Gebiete der Arktis (619000 *qkm*) und ohne die Landflächen südlich von 60° (beide in der Tabelle eingeklammert) gelangt man zu 134877000 *qkm* für die bekannte Landfläche der Erde.

Die Morphologie der Erdoberfläche besprach Prof. A. Penck[2]). Dieselbe hat es mit Formen zu thun, welche steten Veränderungen unterliegen. Ihre Aufgabe ist daher keine stereometrische, sondern im wesentlichen eine genetische.

Die Veränderungen der Formen der Erdoberfläche erfolgen:

1. Durch Wegnahme von Material: Erosion;
   a) an Stellen grösster Kraftentfaltung: echte Erosion;
   b) an Stellen geringsten Widerstandes: Denudation;

[1]) Nachr. der Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Mathem.-phys. Klasse 1895. **1.**

[2]) Sechster internationaler Geographen-Kongress zu London 1895. B. Nr. 2. Gaea 1895. p. 648.

2. Durch Zufuhr von Material: Akkumulation
3. Durch Verschiebung der Erdkruste: Dislokation
   a) durch Verwerfung;
   b) durch Faltung.

Die Wirkungen dieser Veränderungen, welche Prof. Penck eingehend bespricht, bestehen in folgenden:

1. a) In der Entwickelung neuer Flächenteile auf Kosten oder zwischen älteren;
   b) in Anlehnung an bestehende Flächen.
2. In der Vernichtung bestehender Flächen durch Zerstörung oder Überdeckung.
3. In der Umstellung bestehender Flächenteile, so dass sie eine veränderte Bedeutung erhalten. (Transformation einer Ebene im Berggehänge durch Faltung.)

Jedes neu gebildete oder transformierte Flächenstück trägt den Stempel seiner Entstehung. Das durch Erosion gebildete verläuft unabhängig von der ursprünglichen Oberfläche und steht ausser direkter Beziehung zur Struktur der Erdkruste. Dagegen befindet es sich vielfach in Abhängigkeit von deren petrographischer Zusammensetzung und kann vermöge derselben an gewisse Strukturflächen sekundär geknüpft werden. Die Akkumulationsflächen begrenzen Teile, welche durch ihre Zusammensetzung leicht kenntlich sind. Die Dislokationsflächen stehen in innigster Abhängigkeit zur Struktur der Erdkruste. Das Verhältnis zwischen äusserer Gestalt und innerer Zusammensetzung eines Krustenteiles hellt die Entstehung der ersteren auf. Geomorphologie und Geologie stehen in innigster Beziehung.

Verfolgt man die morphologischen Veränderungen eines bestimmten Gebietes, so kann man vielfach eine Reihe der verschiedenartigsten Entwickelungsstadien erkennen, die in bestimmter Weise aufeinander folgen. Dieselben ermöglichen den Vergleich verschiedener Gebiete miteinander nach der Art der Taxonomie in der Biomorphologie. Jugendliche Erosionsgebiete zeigen z. B. Thäler am Orte der grössten Kraftentfaltung, ältere Erosionsgebiete dagegen solche an Stelle wenig widerstandsfähiger Gesteine. Also kann man verschiedene homotaxe Formen in ein und demselben Gebiete sondern.

Alle Formen der Erdoberfläche können auf verhältnismässig wenige Grundformen zurückgeführt werden, die ihrerseits durch gesetzmässige Gruppierung von Formelementen einfachster Art zusammengesetzt werden. Der Typus des Formelementes ist eine Fläche, die unter einem Winkel von weniger als 90° gegen den Horizont geneigt ist. Überhängende Flächen kommen nur in minimaler Ausdehnung vor. Die Grundformen sind:

1. Die nahezu horizontale Fläche: die Ebene.
2. Die mehr oder weniger steil ansteigende Fläche von beschränkter Vertikal-, aber grosser Horizontalausdehnung: die Stufe.
3. Zwei einander zugewandte, mehr oder weniger steil abfallende Flächen (Gehänge), getrennt durch eine sich konstant senkende ebene Fläche: das Thal.
4. Eine von einer bestimmten Stelle ringsum abfallende Fläche: der Berg.
5. Eine nach einer bestimmten Stelle ringsum abfallende Fläche: die Wanne.
6. Eine sich einstülpende Fläche: die Höhle.

Die sechs Grundformen treten in der Regel gesellig auf, und zwar derart, dass sowohl ein und dieselbe Form auf einem Gebiete herrscht, wie z. B. Thäler, als auch dass verschiedene Formen regelmässig nebeneinander vorkommen. So verknüpft sich die Stufe notwendigerweise mit der vor ihr liegenden Ebene, so vereinigen sich nicht selten Berge und Wannen, Wannen und Höhlen. Solche Formengesellschaften bilden eine morphologische Einheit höherer Ordnung als die blossen Grundformen, die ihrerseits schon als Aggregate des Gebildes der niedersten Ordnung, des Elementes, erscheinen. Eine weitere Gruppe höherer Ordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass ausgedehnte Teile der Erdoberfläche, wie z. B. Gebirge, übereinstimmende Höhenlage haben und sich dadurch vor anderen absetzen, so zwar, dass die zwischen hoch gelegenen Partien befindlichen tiefer gelegenen nicht in der Regel als Konkavitäten, sondern nur als minder konvexe Teile der Erdoberfläche erscheinen. Auch derartige Individualitäten vereinigen sich zu solcher höheren Ordnung, wie Gebirgsvorland und Gebirge, wie verschiedene Gebirge. Endlich treten als Individualitäten höchster Ordnung die zusammenhängenden hochgelegenen Krustenteile entgegen, welche sich als Kontinentalblock der abyssischen Tiefe gegenüberstellen. So erhalten wir im ganzen sechs Ordnungen geomorphologischer Individualitäten, welche zugleich Grössenordnungen darstellen. Diese sind:

1. Das Formelement.
2. Die Grundform.
3. Die Formengruppe oder Landschaft.
4. Das ausgedehnte gleichhohe Gebiet: Raum.
5. Die Gruppe von Räumen: System.
6. Der Kontinentalblock und die abyssische Tiefe.

Die Gestalten der 1. bis 3. Ordnung werden vielfach als kleine, den übrigen, grossen Formen gegenübergestellt.

Zwischen den Formen und den auf der Erde wirkenden Veränderungen besteht lediglich die eine Beziehung, dass die grossen



Punta Spadillo (Lava Khagiar).



Ed. Hch. Mayer's Vlg. Leipzig. Jahrbuch VI. 1895. Tafel III.

Strand auf Pantelleria

im Hintergr. Pta di Fram (Lava Gelkamar).

Formen fast ausnahmslos durch Dislokation von Krustenteilen entstanden, während die kleinen Formen auf dem verschiedensten Wege entstanden. Folgende Tabelle (p. 116 u. 117) giebt darüber Auskunft.

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass ein und dieselbe Grundform durch Erosion, Akkumulation und Dislokation entstehen kann, dass also jede dieser drei Veränderungen die sechs Formentypen zu bilden vermag. Eine Ausnahme besteht lediglich darin, dass die Dislokation praktisch keine Ebenen bildet.

Nennen wir nun homoplastisch die einzelnen gleich gestalteten Grundformen, ferner homogenetisch die gleich entstandenen Grundformen, so ergeben sich folgende vier Beziehungen, welche verschiedene Benennungen erheischen:

Homoplastische-homogenetische Formen: homonyme Formen;
Homoplastische-heterogenetische Formen: analoge Formen;
Heteroplastische-homogenetische Formen: homologe Formen;
Heteroplastische-heterogenetische Formen: differente Formen.

Die systematische Morphologie hat nun, wie jedwede Systematik, die Endaufgabe, gleich Entstandenes in natürliche Familien zu bringen. Zu dem Ende wird sie danach trachten, alle homogenetischen Formen ohne Rücksicht auf ihre äussere Gestalt zu Familien zu vereinigen. Dieses unbestrittene Endziel kann aber nur erreicht werden, wenn eine genaue Kenntnis aller Formen vorliegt. Nun kennt man aber bisher nur einen sehr kleinen Teil der Erdoberfläche so genau, dass man eine genetische Klassifikation seiner Formen versuchen konnte. Es wäre daher verfrüht, das wirklich Anschauliche, nämlich die Formen — mögen sie nun homogenetisch oder heterogenetisch sein — aus dem Vordergrunde der Systematik zu rücken. Die Aufgaben derselben bestehen zunächst auch darin, die einzelnen Formen zu benennen und in bezug auf ihre Entstehung zu untersuchen. Dabei kann die Namengebung schon auf genetische Verhältnisse Rücksicht nehmen. In dieser bleibt noch ausserordentlich viel zu thun. Stellt sich doch heraus, dass trotz der Fülle orographischer Beziehungen, welche jede Sprache besitzt, die Nomenklatur für die Grundformen noch zu schaffen war oder zu schaffen ist. Existiert doch in keiner Sprache eine eindeutige Benennung für die fünfte Grundform; sie wird im Deutschen gewöhnlich Becken genannt, aber was heisst sonst noch Becken! Man spricht von Strombecken, Thalbecken, See- und Meeresbecken, von Kohlenbecken u. s. w. Ganz ebenso verhält es sich mit englischem basin, dem französischen bassin. Ferner zeigt sich, dass die Nomenklatur der Formenindividualitäten, der Grössenkategorien noch zu schaffen ist, denn es ist gänzlich unzulässig, Formen der verschiedensten Kategorien gleichmässig zu benennen, wie dies geschieht, indem man so verschiedene Dinge, wie das Thal eines Flusses, die grosse kalifornische Senke und den atlantischen Ozean als »Thal« bezeichnet.

Die genetischen Verhältnisse

Grundform	Erosion	
	Echte Erosion	Denudation
Ebene	littoraler E. } Abrasion fluviatiler E. }	subaëriler Den.
Stufe	littoraler E. (Kliff) fluviatiler	subaëriler D. (Schichtstufe)
Thal	fluviatiler (Normal-Th.)	subaëriler D. (Schichtthal)
Berg	fluviatiler E. (Kamm)	subaëriler D. (Schichtkamm)
Wanne	subaëriler E. } Kolke: Doline äolischer E. } Wind-Kolk fluviatiler E. } Fluss-Kolk glazialer E. } Gletscher-Kolk mariner E. } Gezeiten-Kolk vulkanischer E. Explosionskrater	äolischer D. } (Ausräumung) glazialer D. }
Höhle	fluviatiler E.	subaëriler D. (Ausbruch u. Abbruch)

Die erste Anforderung an die geomorphologische Nomenklatur ist daher eine einheitliche eindeutige Benennung der Grundformen und der Formenkategorien.

Ist diese Aufgabe erledigt, so muss eine spezielle Nomenklatur innerhalb einer jeden Grundform oder Formenkategorie versucht werden. Jede Grundform, mit Ausnahme der Ebenen, umfasst drei Gruppen homogenetischer Gebilde, die ihrerseits nach den speziellen Arten von Erosion, Akkumulation und Dislokation in verschiedene Unterabteilungen zerfallen. Es empfiehlt sich deswegen, zusammengesetzte Namen zu wählen. Benennt man die homogenetischen Glieder jeder Grundform nach ihrer Entstehungsursache, so kann man durch einen Doppelnamen, aus zwei Substantiven zusammengesetzt, wie z. B. Akkumulationsebenen, Dislokationsberge, ihre plastischen und genetischen Beziehungen ausdrücken. Durch Hinzu-

der sechs geormorphologischen Grundformen.

Akkumulation	Dislokation	
	Verwerfung	Faltung
äolischer Akk. (Löss-E.) fluviatiler Akk. (Strom-E.) lakustrer Akk. mariner Akk. (Küsten-E.) (Meeresgrund) organischer Akk. (Moore)		
subaëriler Akk. (Schutthalde) fluviatiler Akk. (Deltahang) lacustrer Akk. (Seehalden) mariner Akk. (Meerhalden)	Bruch-Stufe	Flexur-Stufe
äolischer Akk. } Um-schüttung Dünen-Th. glazialer Akk. } Moränen-Th. vulkanischer Akk } organischer Akk. } Riff-Th.	Graben-Th. Monoklinal-Th.	Synklinal-Th.
äolischer Akk. (Dünen) fluviatiler Akk. (Haufen) glazialer Akk. (Moränen) mariner Akk. (Bänke) vulkanischer Akk. (Vulkane)	Horst-Berg	Antiklinal-B.
Umschüttung und Abdämmung subaëriler Akk. äolischer Akk. fluviatiler Akk. glazialer Akk. littoraler Akk. vulkanischer Akk. organischer Akk. } Umschüttung und Abdämmung	Monoklinal-W. Graben-W.	Synklinal-W.
thermaler Akk. (Sinter-H.) vulkanischer Akk. (Lava-H.)	Verwerfungs-H.	Faltgshöhle

fügung eines dritten Wortes, eines Adjektivum, kann man noch die nähere Art der Entstehung bezeichnen, Ebenen mariner Akkumulation, Wannen äolischer Erosion. Durch ein viertes Wort, ein Adjektivum zum ersten Substantive, kann endlich noch die taxonome Stellung des Gebildes ausgedrückt werden: z. B. alterndes Thal fluviatiler Erosion.

Die zweite Anforderung an die geomorphologische Nomenklatur ist daher, durch Wortkombinationen bestimmte genetisch einheitliche Formen zu benennen.

Diese Art der Benennung bietet den grossen Vorteil, dass sie jedes Gebilde scharf nach dem jeweiligen Stande unserer Kenntnis zu definieren ermöglicht. Sie weist den Formen ihren Platz sowohl im genetischen wie im praktischen Systeme an. Allerdings teilt sie mit der ähnlichen chemischen Nomenklatur den Nachteil, schleppend zu sein, und wie in der Chemie für häufiger benutzte Verbindungen

einfachere Namen in Gebrauch bleiben, so wird auch in der Geomorphologie der Gebrauch einfacher Namen nicht verschwinden. Man wird stets vorziehen, für Berge äolischer Akkumulation Dünen, für solche glazialer Akkumulation Moränen zu sagen. Nur wird es sich empfehlen, derartige Bezeichnungen streng in engem Sinne zu gebrauchen, und nicht, wie es geschehen, beliebige Hügel als Dünen zu benennen.

Die dritte Anforderung an eine geomorphologische Nomenklatur ist, den Gebrauch von Spezialnamen auf Gebilde gleicher Entstehung zu beschränken.

Geographische Homologien an den Küsten behandelte P. Güttner[1]). Geographische Homologie nennt man, nach dem Vorgange von Agassiz, die gleichen Formen der Erdoberfläche, die durch gleiche Wirkung gleicher Kräfte entstanden sind.

Verf. betrachtet hauptsächlich die Schwemmlandküsten. Er bespricht zuerst die homologen Formen der Küsten, die entstanden sind unter wesentlicher Beteiligung der anorganischen Natur: 1. Beteiligung von Wasser in fester Form; a. Fjorde, b. Eisfussküsten. Hauptsächlich sind an der Bildung dieser Homologie die steilen Küsten harten Gesteins beteiligt, welche dem Eise einen festen Halt zu geben vermögen. Besonders schön ausgebildet findet sich die Eisfussküste in Grönland. 2. Beteiligung von Wasser in flüssiger Form. In diese Klasse der Homologien gehören die meisten der sogenannten Steilküstenformen, die ja im allgemeinen zugleich Küsten aus hartem Gesteine sind. Von den unendlich vielen Faktoren, die bei der Ausgestaltung der Steilküste am Meere mitwirken, sind, neben dem inneren Baue des Küstengebirges, die Art seines Herantretens an das Meer und die Beteiligung der Kräfte des Erdinneren die bedeutendsten. a. Keine Beteiligung der Kräfte des Erdinneren. α. Die halbkreisförmig aufgeschlossene Steilküste. Bietet die Küste dem Meere ihre Breitseite dar, d. h. ziehen ihre Ketten wesentlich parallel zur Küste, so hat das Meer schwere Arbeit, und nur allmählich gelingt es der Welle, Buchten in das Ufer einzugraben. Diese Küste ist meist unzugänglich, und ihr Formenwechsel gering. Leichter vollzieht sich die Aushöhlung der bogenförmigen Buchten, wenn Nebenumstände, wie Flussmündungen und Thalsenkungen sie begünstigen. So entsteht die halbkreisförmig aufgeschlossene Steilküste. Ein gutes Beispiel für diese Küstenhomologie bietet uns die Küste Nordafrikas von Gibraltar bis Tunis, wo, von nördlichen Winden gejagt, die Welle in heftiger Brandung gegen das Ufer schlägt. β. Die Riasküste. Tritt das Gebirge mit seiner Schmalseite an das Meer heran, d. h. stehen seine Ketten senkrecht gegen den Zug der Küste, so hat die Meereswelle grossen Erfolg,

---

[1]) Mitt. d. Vereins f. Erdkunde in Leipzig 1894. p. 39 u. ff.

und weit dringt sie in die Thäler ein, deren leichtere Schuttbedeckung ein Raub der Wellen wird. So entsteht der Riastypus Richthofens.

Die Unterschiede in der Entstehung, wie in der äusseren Form zeigen, dass Rias- und Fjordküsten wohl einander in gewisser Beziehung ähneln, doch weit davon entfernt sind, homologe Formen darzustellen.

Riasküsten finden sich von der Südküste Griechenlands bis zum Schwarzen Meere, an der NW-Seite Spaniens, der Bretagne, im südlichen China, vor allem auch an der Westseite Kleinasiens. b. Momentane Beteiligung der Kräfte des Erdinneren. α. Die Einwirkung der Kräfte des Erdinneren. Es ist eine oft erwiesene Thatsache, dass an weiten Küstenstrecken sowohl, wie in einzelnen engen Bezirken sich das Niveau des Meeres gegen das Land bedeutend verschoben hat und noch verschiebt. Suess hat die neutralen Namen positive und negative Strandverschiebung eingeführt. Er versteht unter positiver Strandverschiebung das Untertauchen des Landes unter den Meeresspiegel. Negative Strandverschiebung nennt er das Zurückweichen des Meeres von ehemals von ihm bedeckten Länderstrecken.

Dass eine negative Strandverschiebung stattfand, erkennt man an den Strandlinien, an Bohrmuschellöchern oder Seetierresten, oft auch an alten Hafenbauten, die jetzt weit ab vom Meere gelegen sind. Zeichen der positiven Strandverschiebung ist das Untertauchen alter Bauten, Strassen u. s. w. unter das Meeresniveau.

Die Ursachen solcher Strandverschiebung sind das langsame Schwanken der Kontinente infolge der Abkühlung der Erde oder infolge ihrer wechselnden Belastung durch Schwemmlandbildung. Ferner tragen vulkanische Ausbrüche, Erdbeben, Zusammenstürze und Einsinken von Schlammmassen zur Strandverschiebung bei.

α. Kraterbuchten. Durch die momentane Mitwirkung der Kräfte des Erdinneren, wie bei vulkanischen Ausbrüchen, geschieht es häufig, dass die Kraterwände teilweise zertrümmert werden. Wird nun durch positive Strandverschiebung dem Meere Gelegenheit verschafft, solche Kraterkessel auszufüllen, so entsteht die Homologie der Kraterbuchten, wie sie die Bucht von Neapel und andere mittelmeerische Buchten zeigen. Der Santorinarchipel ist ein solcher vielfach zertrümmerter Kraterrand, der fast völlig vom Meere überflutet wird.

c. Andauernde Beteiligung der Kräfte des Erdinneren. α. Dalmatinischer Typus. Anders steht es, wenn jene Schwankungen sich langsam vollziehen. Eine Küstenform, die unzweifelhaft jenen ihre Entstehung verdankt, ist die vom dalmatinischen Typus.

Langsam vollzog sich hier eine positive Strandverschiebung, und das Meer drang in die der Küste parallelstreichenden Thäler der Alpenausläufer Dalmatiens ein. Es hat hier, verbunden mit dem Festlandwasser, die Humusdecke weggespült und die festeren Kernbestandteile der Ketten herauspräpariert. So entstanden jene langen,

schmalen, steilufrigen Inseln und Halbinseln, jene langen und schmalen Strassen und Busen, die bei flüchtiger Betrachtung den Fjordbildungen ähnlich erscheinen. Eine geographische Analogie zeigen allerdings Fjordbildungen und die vom dalmatinischen Typus, doch eine geographische Homologie bilden sie nicht.

β. Limanküste. Auch die Limanküste ist durch die positive Strandverschiebung erzeugt. Durch diese gelangte das Niveau des Meeres in eine gewisse Höhe über seinen ehemaligen Stand. Demzufolge zeigt das Land einen Küstenumriss, welcher, durch die Bodenbeschaffenheit jenes Landes bedingt, die Form einer Isohypse annahm, welche dem nunmehrigen Stande des Meeresniveaus entspricht. Doch die schärfer einschneidenden Buchten füllten sich bald vom Hintergrunde aus mit den Sedimenten der Flüsse an, und bei gezeitenlosen Meeren rücken jene Schwemmlandbildungen dem Ausgange immer näher und näher, bis das ehemalige Thal von Schutt und Schlamm erfüllt, völlig verschwunden ist. Typisch ist hierfür die Nordküste des Schwarzen Meeres. Die gezeitenstarke offene See aber hält jene trichterförmigen Flussmündungen offen und bildet so die Homologie der Ästuarien.

γ. Abrasionsküste. Wirkt die Brandung stark auf eine Steilküste ein, und erfolgt ihre Abrasion bis zur Höhe der grössten Kraftentfaltung der Welle, so entsteht ein schmaler Abrasionsrand. Geht nun eine langsame, positive Strandverschiebung vor sich, so dass die Brandung beständig Zeit hat, ihre abradierende Arbeit zu vollenden, so ergiebt sich nach und nach eine sanft ins Meer abfallende schiefe Ebene.

Homologe Formen der Küsten, die unter wesentlicher Beteiligung von weichem Gesteine und Wasser entstanden sind, sind sehr vergänglich (Helgoland, Rügen). Verf. behandelt nun noch solche Formen, die unter wesentlicher Beteiligung von Trümmermaterial und Wasser entstanden, also von Material, das von weit her, oft aus dem Inneren des Landes, stammt. Es sind dies die Küsten von Trümmermaterial. Im geringsten Masse trägt zur Umgestaltung der Küste die Lebewelt bei, dennoch verdankt manches Stück des festen Landes seine Befestigung, ja selbst seine Entstehung ihrer Hilfe. Im zweiten Teile behandelt Verf. die Bogenformen der Schwemmlandküsten und stellt auf Grund von Messungen an Karten eine grössere Anzahl solcher Bogenformen zusammen. Hierbei führt er den Begriff »Einbuchtungsindex« ein; letzterer ist der Kosinus des halben Zentriwinkels des der Bucht eingeschriebenen Kreisbogens. Der Halbkreis hat den Einbuchtungsindex Null, d. h. der Mittelpunkt liegt auf der Sehne; überschreitet die Einbuchtung den Halbkreis, so wird der Index negativ. Aus der 436 Nummern enthaltenden Tabelle geht hervor, dass Buchten von negativem Index nur in geschützten Lagen zu finden sind, im Hintergrunde grösserer Sunde und Baien, an Küstenstrecken, die durch vorgelagerte Inselketten gedeckt sind u. s. w. »Zum völlig geschlossenen Kreise

ausgebildet, finden sich kleine Lagunenseen als Endprodukt der stetig fortschreitenden Schlammablagerung. Lagunenseen überhaupt sind zu den Charaktereigentümlichkeiten der Schwemmlandküsten zu zählen. Auch bei den Fjordbildungen gehören Seen zur typischen Landschaft.

Die Fjordküsten sind gebunden an die klimatische Zone ehemaliger Gletscherregionen, die Schwemmlandküsten sind am breitesten entwickelt in Gebieten reicher Niederschläge. Jene tragen typische Spuren als ehemalige Gletschermulden, in dem festen Gesteine scharf und mit ungeheurer Gewalt eingegraben, die Gletscherschliffe und Seebecken im Hintergrunde. Anders die Schwemmlandküsten. Auch ihnen verleihen Seen ein eigentümliches Gepräge. Um in einem Bilde zu sprechen, möchte Verf. die Fjordseen mit Perlen vergleichen, die auf eine senkrecht gegen den Küstensaum gesteckte Nadel, die Längsaxe der Bucht, aufgereiht sind, während die Seen des Schwemmlandes gleich Perlenschnuren dem Küstensaume entlang sich schlingen. Parallel, wie mit dem Lineale gezogen, liegen die Fjorde nebeneinander. Auch die Formen der Schwemmlandküste tragen gewissermassen einen Parallelismus an sich, denn konzentrischen Kreisen ähnlich lagert sich eine Anschwemmungswelle hinter die andere, und oft ahmen noch weit ins Meer hinaus die Isobathen den Zug der Küste nach, wie es z. B. im Golfe von Mexiko charakteristisch auftritt. Auch eines Analogons zu jenen, die Buchtenküste ins Meer fortsetzenden Inselketten der Fjorde entbehrt die Schwemmlandküste nicht, nur dass hier der Parallelismus sich wieder in Konzentrizität verwandelt und Reihen von Inselvorlagerungen bildet, die in schönen Kurven den Zug der Küste begleiten. Auch das gesellige Auftreten ist nicht allein den Fjorden typisch, auch die Schwemmlandküste darf Anspruch auf diese Charaktereigentümlichkeit erheben. Entsendet doch ein regenreiches Gebiet selten nur einen schlammreichen Fluss, und ist ein jeder derselben doch geeignet, Schwemmlandküste zu bilden. Sogar bis in die Rudimente hinein lässt sich die Analogie verfolgen, fehlen doch beide Gebilde selbst den Binnenseen nicht. Die grossen kanadischen Seen, das Binnenmeer Nordamerikas, trägt unverkennbare Spuren der Fjordbildung, und unser Mittelmeer die reich entwickelten Schwemmlandbildungen des Nil, Po, der Rhone und Donau u. s. w., und der Kaspisee hat die ausgezeichneten Schwemmlandbildungen der Wolga. Sowohl bei der Fjord-, als auch bei der Schwemmlandbildung wirkt das Meer als ergänzender Faktor. Bei enen trägt es dazu bei, den steilen, aufstrebenden Charakter recht augenfällig zu machen, bei diesen schafft es die langgezogenen, glatten, flachen Bogen und geraden Küstenlinien. Bei jenen ist das Meer in vertikalem Sinne durch die Bodenschwelle vom Becken des Fjordes getrennt, diese schliessen durch horizontal sich erstreckende Bänke, Nehrungen und Inselketten, Becken vom Meere ab.

Fassen wir die Charaktereigentümlichkeiten des Schwemmlandes zusammen: Die Schwemmlandküste ist ein an regenreiche Zonen

gebundenes, gemeinsames Gebilde der Flüsse und des Meeres. Lang hingezogene, glatte Küsten, von der Geraden bis zum geschlossenen Kreise sich krümmende Kurven umsäumen das Schwemmland. Typisch sind ihnen die parallel mit der Küste verlaufenden Ketten der Lagunenseen und der vorgelagerten Inseln, der meist gleichmässig zur Tiefe des offenen Ozeans sich abdachende Strand, der den Isobathen den Charakter einer Nachbildung des Küstenzuges verleiht. Teilweise abgeschlossene Buchten beleben den einförmigen Zug der Küste, unterstützt durch die vorgeschobenen Deltabildungen der Flüsse.«

Die Bildung und der innere Bau der Dünen sind Gegenstand einer wichtigen Publikation von N. A. Sokolów[1]). Die Dünen — nach E. Reclus ein Wort keltischen Ursprunges, mit welchem Berge und steile Hügel bezeichnet werden — sind bekanntlich vom Winde zusammengetragene Sandhaufen. Der Sand entsteht durch die Zerstörung fester Gesteine. Durch Verwitterung wird er auf dem festen Lande erzeugt, Ströme lagern ihn, bei der unausgesetzten Thalbildung selbst zerstörend und zerkleinernd thätig, an den Ufern und Mündungen ab und führen ihn offenen und geschlossenen Meeren zu, wo er mit dem durch die Brandung und Unterwaschung erzeugten Sande von den Wellen auf den Strand geworfen wird. In den Wüsten wird die in unseren Breiten im allgemeinen durch Wasser und Eis bewirkte Verwitterung zum Teile durch Zersprengung der Steine infolge der kolossalen Temperaturdifferenzen bei Tage und bei Nacht und durch die ausdehnende Kraft in Spalten auskrystallisierender Salze ersetzt, wie es hauptsächlich Professor Joh. Walter beschrieben hat; und ferner wirkt dort der fliegende Sand scheuernd und abtragend auf die grösseren Felsen.

Längst nicht überall, wo Sand ist, bilden sich Dünen. Welches sind daher die Bedingungen, unter denen der vorhandene Sand zu Dünen aufgeworfen wird? — Vor allem muss der Sand locker sein. »Auf thonige Gesteine wirkt der Wind merklich nur in Wüsten, bei äusserster Trockenheit des Klimas, weil nur unter diesen Bedingungen die Thonteilchen die Kohärenz, welche bei der geringsten Feuchtigkeit zum Vorscheine kommt und der Einwirkung des Windes Widerstand leistet, einbüssen. Aber auch bei dem Sande, dem geeignetsten Materiale für den Transport, ist die Wirkung des Windes keine unbeschränkte. Auf feuchten Sand ist der stärkste Wind unwirksam. . . . Das Wasser, welches im feuchten Sande die Zwischenräume zwischen den Körnern ausfüllt und diese selbst umhüllt, bindet sie so fest aneinander, dass selbst der stärkste Wind ausser stande ist, ein Sandkorn von dem von ihm eingenommenen Platze wegzublasen; auch trocknet der Sand umso schwerer, je feiner er

[1]) Die Dünen. Von N. A. Sokolów. Deutsch von A. Arzruni. Berlin 1894.

ist, infolge seiner grösseren Kapillarität. Bereits eine kleine Beimengung von Thon verleiht dem Sande die Fähigkeit, die Feuchtigkeit zurückzuhalten, so dass an den Meeresküsten, an denen Regenfälle häufig sind, und auch die Luft stets etwas feucht ist, ein solcher Sand niemals vollständig trocknet, und der Wind ohne Einfluss auf ihn bleibt. So häuft sich an der Bucht von St. Michel der Sand nicht zu Dünen, trotz der grossen Massen, in welchen er vom Meere angeschwemmt wird, und trotz der für starke Seewinde günstigen offenen Lage der Küste. Elie de Beaumont, welcher durch die Abwesenheit von Dünen an dieser zu ihrer Bildung sonst ausserordentlich begünstigten Küste überrascht war, fand dafür die richtige Erklärung in dem aus den benachbarten Ablagerungen herrührenden Thongehalte des Sandes.« Durch Feuchtigkeit wird die Vegetation befördert, und diese kann auf den Boden verfestigend wirken. Ferner ist es bekannt, dass die Vegetation Einfluss auf die meteorologischen Erscheinungen hat, wie ausgedehnte Wälder z. B. die Wolken »anziehen« sollen. »Es ist daher klar, welche wichtige Bedeutung klimatische Bedingungen, namentlich ein grösserer oder geringerer Grad von Feuchtigkeit für äolische Sandbildungen besitzen können. In der Saharà, den Wüsten Turans, der Mongolei, der Wüste von Atacama u. s. w. bieten die ausserordentliche Trockenheit des Klimas und das fast gänzliche Fehlen von Niederschlägen die denkbar unvorteilhaftesten Bedingungen für die Vegetation dar, zugleich aber die günstigsten für die Thätigkeit des Windes, welche sich denn auch auf Flächen von Hunderten und Tausenden von Quadratkilometern äussert. In Ländern mit feuchtem Klima dagegen, wie in Europa, beschränkt sich diese Thätigkeit fast nur auf schmale Streifen Landes an den Meeresküsten und an den Flussläufen, wo das Meer oder der Fluss einerseits zur Anhäufung lockeren Sandes beitragen, anderseits durch Unterwaschungen die volle Entwickelung einer Pflanzendecke hindern. Wenn es in Europa, freilich recht unbedeutende, rein kontinentale äolische Sandbildungen giebt, so ist ihre Entstehung, wenigstens bei den gegenwärtig herrschenden klimatischen Verhältnissen, fast ausschliesslich auf die Einmischung des Menschen in den Haushalt der Natur — Ausrodung der Wälder, Bestellung des Bodens, Weiden des Viehes u. s. w. — zurückzuführen.«

Weiter gehört zu den Bedingungen, unter denen sich Dünen bilden, das Vorherrschen einer bestimmten Windrichtung. »Schon bei einem flüchtigen Blicke auf die Verteilung der Stranddünen in Europa fällt es sofort auf, dass die meisten und die bedeutendsten von ihnen an Küsten liegen, die entweder direkt nach Westen gerichtet sind, wie auf Jütland, in Schleswig, in Kurland, oder nach Nordwest, wie an der Kurischen und Frischen Nehrung, in den Niederlanden, oder endlich nach Südwest, wie in einem Teile der Gascogne, auf der Insel Oléron. Diese Art der Verteilung der Dünen steht in engem Zusammenhange mit der Richtung der

Luftströmungen, von denen in Europa bekanntlich die südwestliche vorwiegt, obwohl sie teilweise in eine südliche, ja, sogar in eine nordwestliche übergeht, z. B. an den Küsten von La Manche, der Nordsee und der Ostsee.« Doch auch an Küsten, welche eigentlich eine ungünstige Lage in bezug auf den herrschenden Wind haben, wie an der Ostküste Englands, können sich kleine Dünen bilden, einerseits weil die Seewinde in ihren unteren Schichten vermöge ihres leichteren Gleitens über das glatte Meer mit grösserer Kraft an die Küsten gelangen können als Landwinde, denen eine noch so ebene Fläche durch Reibung an Unebenheiten, Gesträuch, Bäumen u. s. w., erheblichen Widerstand entgegensetzt, anderseits, weil bekanntlich die Windrichtung an der Küste eine Ablenkung erfährt. Bei kleineren Buchten und Landzungen zeigt es sich, dass Dünen sich lediglich an den dem Winde zugekehrten Küsten finden. Bei den Flussdünen und bei den Festlandsdünen ist eine herrschende Windrichtung nicht so ausgeprägt wie bei den Stranddünen. Dort ist auch eine vorwiegende Windrichtung zur Bildung von Dünen weniger wichtig als am Meere, wo Dünen sich bilden und bestehen können nur bei vorwiegendem Seewinde. Indessen fehlt sie in den meisten Fällen nicht. Z. B. scheint in der Lybischen Wüste der Nordwest der häufigste zu sein, im Amu-Darjá-Gebiete der Nordost.

Schliesslich sind zur Dünenbildung Unebenheiten des Bodens durchaus notwendig. »Obwohl der auf lockeren Sand wirkende Wind, wie das Wasser, die Oberfläche des Bodens zu ebenen strebt, kommt dieses Streben doch nur dort zur Geltung, wo auf der Sandfläche keine Gegenstände sind, welche im stande wären, die Wirkung des Windes zu schwächen und die Bewegung der Sandkörner aufzuhalten. Andernfalls häuft sich an solchen Gegenständen der Sand an, was zur Bildung oft ansehnliche Höhen erreichender, beweglicher Sandhügel führt, die unter dem Namen »Dünen« bekannt sind.«

Eine höchst interessante Frage ist die, in welcher Beziehung die Dünenbildung zu den Säkularschwankungen der Meeresküsten steht, und welches die günstigeren Bedingungen dafür sind. Es zeigt sich, dass die weitaus grössten Dünengebiete an sinkenden Küsten liegen. Mit dem Sinken findet eine starke Unterwaschung statt. »Das Vorherrschen der Dünen an sinkenden und unterwaschenen Küsten findet zum Teile seine Erklärung in dem Umstande, dass die immer wieder eintretenden Unterwaschungen den lockeren Sand älterer Strandbildungen oder zur Ruhe gelangter Dünen entblössen und das Erscheinen einer einheitlichen und Schutz gegen die Einwirkungen des Windes gewährenden Pflanzendecke auf dem angeschwemmten Sande verhindern, obwohl einer Entwickelung der Vegetation das feuchte Seeklima förderlich ist. . . . Eine erhöhte Entwickelung an unterwaschenen Küsten begünstigt auch der Sandvorrat des Strandes, welcher, wie im Vorstehenden bereits erörtert wurde, durch die Unterwaschungen immer wieder erzeugt wird,

während an aufsteigenden Küsten die Sandanschwemmung leicht aufhören kann, wenn, bei dauerndem Zurücktreten des Meeres, die Sandablagerungen ausserhalb des Wirkungskreises der Wellen geraten und ersetzt werden durch Ablagerungen, welche entweder sandfrei sind oder erhebliche Mengen Thon (Schlick) enthalten, dessen kittende Wirkung auf den lockeren Sand diesen den Einflüssen des Windes entzieht.«

Einen wesentlichen Einfluss der Gezeiten auf die Dünenbildung bestreitet Sokolów entschieden und verweist mit Recht auf die beträchtlichen Dünengebiete an der Ostsee, an der Grossen Syrte und am Kaspischen Meere.

Bei der Erörterung, wie eine Düne entsteht, fragt es sich zunächst nach der Fortbewegung des Sandes durch Wind. In dieser Beziehung hat Sokolów sehr interessante Beobachtungen und Untersuchungen gemacht. Danach findet die Fortbewegung des Sandes nach dreierlei Art statt:

1. Die grösseren Körner gleiten auf ihrer Unterlage. »Da die überwiegende Mehrzahl der Sandkörner von unregelmässiger, abgeflachter Gestalt ist, so ist ihre Bewegung keine rollende, sondern eine gleitende. Die der grössten geschieht ruckweise und nur bei stärkeren Windstössen. Die Beobachtung lehrt, dass das Korn am meisten Widerstand leistet einer Kraft, welche es zwingt, seine ursprüngliche Lage zu verändern, wobei die Dauer des Windstosses von merklichem Einflusse ist. Ich habe wahrnehmen können, dass ein durch starke, aber kurze Windstösse in schwingende Bewegung geratenes Korn durch andauernde Wirkung von gleicher Stärke endlich verrückt wurde, dann sich aber auch bei verminderter Windstärke fortbewegte. Die Erklärung dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dass die Körner auf der Oberfläche des lockeren Sandes, der Einwirkung des Windes ausgesetzt, nach Verlauf einiger Zeit die Lage annehmen, in welcher sie dieser Einwirkung den grössten Widerstand zu leisten vermögen oder sich ihr am meisten entziehen. Dafür spricht auch der Umstand, dass, wenn die Richtung des Windes verändert, er z. B. künstlich zurückgeworfen wird, er auf die Körner eine viel stärkere Wirkung ausübt, als der direkte.«

2. Die kleineren Körner werden durch die Luft getragen, und zwar bewegen sich die verhältnismässig grossen sprungweise in ziemlicher Nähe über dem Erdboden, während die kleinsten wie in einer Wolke ziemlich hoch dahinfliegen.

3. Ganze Sandzonen bewegen sich in Wellen langsam fort. Diese Sandwellen sind ausserordentlich klein, bis zu etwa 10 *cm* hoch, und folgen sich in Abständen bis zu etwa 120 *cm*. Ähnliche Wellen finden sich auf dem Meeresgrunde bis zu ziemlichen Tiefen. Die Erklärung dieser Sandwellen, welche schon lange die Aufmerksamkeit mancher Gelehrten auf sich gezogen hatten, hat C. de Candolle in schlagender Weise auf experimentellem Wege gegeben. Danach entstehen sie durch Reibung an dem darüber bewegten

Medium und stellen sich rechtwinkelig zur Bewegungsrichtung dieses Mediums; die Zwischenräume zwischen den einzelnen Wellen stehen im direkten Verhältnisse zur Stärke der Reibung. Der Unterschied zwischen den Sandwellen unter Wasser und unter Luft ist nach Sokolów der, dass die letzteren ihre Gestalt wesentlich ändern, höher wachsen und zugleich wandern.

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Sandkörner und Sandwellen fortbewegen, hängt von ihrer Grösse und von der Stärke des Windes ab, indessen hat das Verhältnis wegen der mit der Messung verbundenen Schwierigkeiten noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden können, wenngleich von verschiedenen Seiten, insbesondere auch von Sokolów, darüber sehr fleissige Beobachtungen und interessante Versuche gemacht worden sind. Grössere Sandkörner als von 4—5 *mm* Durchmesser bilden nach den bisherigen Erfahrungen keine äolischen Ablagerungen mehr.

Wie entsteht nun eine Düne, und welche ist ihre äussere Gestalt? — Nachdem ein Sturm auf dem flachen Meeresufer Sand und aus Geröll und Sand bestehende Küstenwälle abgelagert hat, dauert es nach dem Zurücktreten des Meeres in seine normalen Grenzen selbst bei sonnigem Sommerwetter bis zu drei Tage, ehe der Sand merklich getrocknet ist, und der Wind ihn angreifen kann. Zuerst bilden sich die kleinen Sandwellen, dann bläst der Wind die Sandwellen vorwärts, zunächst hauptsächlich von den Kämmen der Strandwälle, dann Schicht für Schicht, und lagert ihn, wenn keine hemmenden Gegenstände da sind, gleichmässig ab. Ist aber, wie gewöhnlich, etwas im Wege, wie z. B. der an unseren Meeresküsten häufige Strandhafer (Elymus arenarius), so fängt sich der sandgeschwängerte Wind darin, und der Sand fällt hinter dem Strauche zu Boden. Es bildet sich nach und nach ein nach der Windrichtung gestreckter, nach hinten sich verflachender und zuspitzender zungenförmiger Hügel. An dichteren Sträuchern, wie an dem in Finnland sehr verbreiteten Wachholder, wird die Kraft des Windes schon in den ersten Zweigen so geschwächt, dass der Sand davor niederfällt. An festen Hindernissen, wie Mauern, Zäunen, Baumstämmen, legt sich der Sand niemals unmittelbar davor nieder, sondern zwischen Sandhaufen und Gegenstand bildet sich eine grabenförmige Vertiefung. Diese Erscheinung erklärt sich leicht dadurch, dass »vor dem Hindernisse eine Kompression der Luft stattfindet, als deren Folge sich nach beiden Seiten längs des Gegenstandes gerichtete starke Luftströmungen ergeben, welche den Sand seitlich ausblasen und eine Rinne erzeugen.«

Die grösste Bedeutung für die Entwickelung von Dünen haben die Zungenhügel. Der Sand häuft sich mehr und mehr und verschüttet den ganzen Strauch, bis der Hügel selbst die Rolle eines undurchlässigen Gegenstandes übernimmt und auf seiner Luvseite (der dem Meere zugekehrten) immer grössere Mengen ansammelt. So bildet sich diese Seite zu einem schwach ansteigenden Gehänge

aus. Auf dieser gleiten die Körner allmählich in die Höhe, bis sie auf der entgegengesetzten, der Leeseite, abrollen können. So entsteht die typische Dünengestalt mit einer schwach geneigten Luvseite und einer steilen, dem Schüttungswinkel des Sandes entsprechenden Leeseite. Gleichzeitig beginnt die Wanderung, so dass der verschüttete Strauch allmählich wieder zum Vorscheine kommt. Ähnlich ist die Entwickelung einer Düne an einem Wachholderstrauche u. s. w.

Bei den Flussdünen und zum grossen Teile bei den Festlandsdünen ist die Entstehung im allgemeinen dieselbe. Die ersteren können sich nur in heissen, trockenen Gegenden bilden, wo sandreiche Ströme durch freiliegende Thäler fliessen, deren Ufer sie bei Hochwasser überschwemmen und mit Sand bedecken. Sie sind in Südrussland und Zentralasien häufig. Unter den letzteren giebt es sichelförmige, über welche weiter unten näheres zu berichten ist, die auf vollkommen ebenen, von jeglichem Pflanzenwuchse freien Sandflächen sich bilden sollen. Nichtsdestoweniger muss man nach Sokolów unter allen Umständen kleine Unebenheiten, Höckerigkeit des Bodens annehmen. In vielen Fällen kann eine solche bedingt sein »durch ein ungleichmässiges Trocknen und also auch ungleichmässiges Fortblasen des Sandes durch den Wind. Die feuchteren Stellen bilden wegen der geringeren Sandabtragung nach und nach Hervorragungen, welche, wenn auch dem Auge wenig wahrnehmbar, dennoch dem vom Winde getriebenen trockenen Sande ein gewisses Hemmnis entgegenstellen.«

Für den Grundriss der Dünen stellt Sokolów vier Typen auf:

»Am häufigsten ist derjenige eines unregelmässigen, bald verbreiterten, bald engen und verlängerten Bogens, dessen konvexer Teil der schroff abfallenden Leeseite entspricht. Der Grundriss dieser letzteren ist stets scharf gezeichnet, einmal weil sich die Fläche der Leeseite mit der Ebene des Horizontes unter einem beträchtlichen Winkel von 30° (Schüttungswinkel) schneidet, dann weil hier der kahle lockere Sand meist unmittelbar an den mit Vegetation oder mit Koniferennadeln bedeckten Boden grenzt und in der Farbe scharf von ihm absticht.« An der flachen Luvseite, welche allmählich mit dem Strande verfliesst und daher gewöhnlich die Erscheinung undeutlich zeigt, stellt der Grundriss stets eine eingebogene Linie dar. Die Ursache für diese Bogenform der Dünen ist die, dass die höchsten Teile der letzteren am meisten der Wirkung des Windes, also der Wanderung ausgesetzt sind; infolgedessen schreitet die Mitte schneller vor als die Seitenteile.

Bei dem zweiten Typus bilden die Dünen längliche, der Windrichtung parallel gestreckte Hügel. »Man trifft sie ausschliesslich bei alten, vom Meere fernliegenden Dünen an. Ihr Ursprung lässt sich auf eine schmale, aber lange, in der Richtung des Windes wachsende Windmulde zurückführen, in deren Fortsetzung der lange Hügel aufgeschüttet wird.«

Den dritten Typus: senkrecht zur Windrichtung langgezogene Hügel, »trifft man besonders häufig unter den jungen Dünen an, und ist diese Form nicht ein Ergebnis der Verschmelzung mehrerer kleiner nebeneinander liegenden Dünen, so entsteht sie vor irgend einem geradlinigen und senkrecht zum Winde gelegenen Hindernisse, z. B. vor dem Saume eines dichten Buschwaldes.«

Der vierte Typus: halbzirkus- oder sichelförmige Gestalt, findet sich vorwiegend in den Sandwüsten, wo die für seine Bildung günstigen Bedingungen: ausreichender Raum, ebener Boden und völlig freie und allen Winden ausgesetzte Lage, obwalten. Doch kann er auch bei Stranddünen, wo hinreichend Raum zu seiner Entwickelung da ist, vorherrschen, wie z. B. an der Mündung der Garonne. Für diese merkwürdige Gestalt giebt Sokolów, der auch die Richtigkeit seiner Theorie durch Versuche bestätigt hat, folgende Erklärung: »Das erste, was mir auffiel, war die sehr bezeichnende Verteilung der Sandwellenreihen, welche ja als Ergebnis der Reibung der Luftströmung gegen den Sand eine zur Windrichtung senkrechte Lage annehmen. Bei aufmerksamer Betrachtung dieser Wellenreihen machte ich die Wahrnehmung, dass sie nur im mittleren Teile des Dünenkörpers — wenn man sich diesen durch zwei senkrechte Längsebenen in drei Teile, einen mittleren und zwei seitliche, geteilt denkt — die erwartete Richtung, senkrecht zu derjenigen des Windes und der Längsaxe des Hügels annahmen, während sie an den Seitenteilen des Barchans in mehr oder weniger bedeutendem Masse gegen die Basis der Leeseite hin abgelenkt werden; demnach musste auch die Strömung in der der Düne unmittelbar anliegenden Luftschicht eine Ablenkung erfahren: die Luftwellen gingen also auseinander, den gewölbten Gipfel des Barchans gewissermassen umspülend. Die Beobachtungen an der Bewegung der Sandkörner bestätigen diese Voraussetzung vollauf. Nur in dem mittleren Teile des Barchans bewegten sich die Sandkörner genau in der Richtung des Windes, vom Fusse der Luvseite bis zur Kammhöhe, von welcher sie dann die Leeseite hinabrollten. An der Oberfläche der Seitenteile bewegten sie sich schräg etwas abwärts, gegen die etwas vorstehenden Flügel des Barchans hin, indem sie sowohl dem Einflusse des den Hügel umspülenden Luftstromes, als auch der eigenen Schwere gehorchten. Es ist klar, dass eine solche verstärkte Bewegung des Sandes nach den Seitenrändern des Barchans hin in hohem Masse zu dem Vortreten dieser letzteren beiträgt, was sich besonders gut an neu entstehenden Barchanen oder an solchen, welche infolge des Windwechsels einer Umgestaltung unterworfen werden, verfolgen lässt, kurz allen den Fällen, in welchen die schroff abfallende Leeseite im Entstehen begriffen ist, indem sie zunächst einen geradlinigen Verlauf annimmt und sich erst nach und nach rundet.«

Während die sichelförmigen Dünen gewöhnlich nicht bis zu grösseren Höhen als 2.5 bis 3 *m*, selten bis zu 10 *m* anwachsen, bilden, wie in der Sahará, die anderen Typen Ketten bis zu 200 *m*

Höhe. Die höchsten Stranddünen erreichen in Europa, nämlich in der Gascogne, 60 bis 70 *m* im Durchschnitte. Der höchste Punkt auf der Kurischen Nehrung, Radsen Haken, liegt über 62 *m* hoch. Die übrigen europäischen Dünen sind beträchtlich niedriger und erreichen höchstens 30 bis 40 *m*. Starker Wind und Sturm wirken abtragend auf die Dünen infolge eines verstärkten Fortwehens des Sandes vom Gipfel. »Hieraus darf geschlossen werden, dass für ein erfolgreiches Wachstum der Dünen ein gewisses Verhältnis zwischen der Windstärke und der Menge des von ihm der Düne zugeführten Sandes bestehen muss, und dass das Vorhandensein einer Wachstumsgrenze durch Störung dieses Verhältnisses zu erklären sei, die dadurch hervorgebracht wird, dass die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Entfernung vom Boden wächst.« Wahrscheinlich spielt auch die Korngrösse des Sandes in dieser Beziehung eine Rolle. Die Höhe der Flussdünen ist meistens nicht bedeutend, selten über 10 bis 15 *m*.

Die einzelnen Dünen, zuerst zufällig angeordnet, wachsen und werden schliesslich verschmelzen, und können in langen Reihen weite Ketten bilden mit regellosem Profile und Grundrisse, wie es durch die Entwickelung aus lauter selbständigen Einzelbildungen bedingt ist. Bei der Wanderung werden die Formen noch unregelmässiger infolge der ungleichmässigen Wirkung des Windes auf die verschiedenen Teile der Kette. Die Geschwindigkeit des Vorrückens hängt natürlich vom Winde und vom Sande ab. Ist keine Windrichtung vorherrschend, so wird die Wanderung hin und her erfolgen; dies soll in der algerischen Sahará der Fall sein. Je mehr eine Windrichtung vorherrscht, je freier die Lage, je geringer das Volum, je feiner der Sand ist, umso schneller erfolgt die Wanderung. Infolgedessen ist nicht nur in verschiedenen Gebieten, sondern sogar in den einzelnen Abschnitten eines und desselben Dünenzuges das Vorrücken ganz unregelmässig. Aus diesem Grunde ist es durchaus unzulässig, wie Elie de Beaumont vorschlug, aus der Geschwindigkeit der Dünenwanderung und dem zurückgelegten Wege das Alter einer Meeresküste zu berechnen. Die Dünen der Gascogne z. B. sollen sich stellenweise 20 bis 25 *m* im Jahre bewegen, das Vorrücken der gesamten Kette beträgt aber nach anderen Messungen nicht mehr als 1 bis 2 *m*. An der Frischen Nehrung soll die Geschwindigkeit im Durchschnitte 5.5, an der Kurischen nach sehr sorgfältigen Beobachtungen von Berendt 5.6 *m* alljährlich sein. Für die Sahará sind die Angaben ausserordentlich verschieden. Die höchsten Dünen sollen dort überhaupt nicht mehr wandern. Hiergegen lässt sich indessen einwenden, dass einerseits zur messbaren Bewegung so kolossaler Massen ungeheure Zeiträume gehören, anderseits manche für Dünen gehaltene Erhebungen im Inneren aus einem festen Kerne des anstehenden Gebirges bestehen. Die Barchane, sichelförmige Dünen, hingegen erreichen grosse Geschwindigkeiten. So beobachtete Sokolów die Verschiebung eines 2 *m* hohen Barchans um 1 *m* in wenigen Stunden.

Mit der Wanderung der Dünen sind erhebliche Veränderungen an der Erdoberfläche verbunden, namentlich Verlegung der Flussläufe, Bildung von Sümpfen und Seen und Verschüttung solcher. Wenngleich der Ursprung dieser Erscheinungen in erster Linie dem Meere mit seinen Anschwemmungen zuzuschreiben ist, so vervollkommnen doch die Dünen diese Thätigkeit in unvergleichlich grösserem Massstabe. Ein typisches Beispiel von grosser Tragweite ist das Zurückschieben des Kurischen Haffes durch die Dünen. Unausgesetzt wird das Westufer durch das Vorschreiten der Dünen der Kurischen Nehrung nach Osten verrückt. Nach Berendt muss die Bewegung, welche seit 24 Jahren 197.8 *m*, jährlich also 8.24 *m* beträgt, zu einer endgültigen Abtrennung des Haffes von der Ostsee und zur Bildung von Festland am nördlichen Teile, von Memel bis zur Windenburger Ecke, führen.

Von besonderem Interesse für den Geologen ist der innere Bau der Dünen. Man kann bei vielen, am typischsten in Längsschnitten, eine deutliche Schichtung erkennen, hervorgerufen durch verschiedene Beschaffenheit des Sandes oder durch organische Reste. Am häufigsten ist die durch die Korngrösse veranlasste Schichtung. Sie wird dadurch erzeugt, dass Wind von bestimmter Stärke nur Sandkörner von bestimmter Maximalgrösse befördern kann. Folgt daher auf Sturm schwacher Wind, so wird feiner Sand über groben gelagert werden und umgekehrt. So einfach ist der Vorgang indessen nicht. Eine der wesentlichsten Veränderungen an den Dünenabhängen bei starkem Winde ist die, dass der feinere Sand von der Luvseite fortgetrieben wird, während der gröbere allmählich auf den Gipfel emporklimmt, um auf die Leeseite zu fallen. Hier sammelt er sich aber nicht deckenförmig, sondern in einzelnen Strömen längs des Bettes vom Winde eingegrabener Furchen an. Schwächere Winde füllen darauf sämtliche Furchen vollends mit feinem Sande und breiten ihn in zusammenhängenden Schichten aus. Die soeben erläuterte Art der verschiedenen Ablagerung gröberen und feineren Sandes, die Thatsache, dass die Dünen nicht ausschliesslich der Wirkung eines bestimmten Windes ausgesetzt sind, und dass ihre Entwickelung häufig unterbrochen wird, sowie die Unregelmässigkeiten, welche durch Verschmelzung benachbarter Dünen hervorgerufen werden u. a. m., lassen es erklärlich erscheinen, dass die Schichtung gewöhnlich ausserordentlich kompliziert ist. Es kommt auch vor, dass verschiedene Lagen verschiedenen Mineralbestand aufweisen, was dadurch gedeutet werden kann, dass Winde verschiedener Richtung verschieden zusammengesetzte Sande anwehen, oder dass das Meer nicht gleichmässige Sande anschwemmt. Die Aufbereitung durch Wind nach einzelnen Mineralen hat Joh. Walther sehr interessant in den afrikanischen Wüsten beobachtet.

Was die Zusammensetzung des Dünensandes betrifft, so besteht er vorwiegend aus Quarzkörnern, was seinen Grund zum grossen Teile darin hat, dass die Verwitterung anderer wesentlicher gesteins-

bildender Minerale viel kräftiger erfolgt und Staub bildet. Oft führt er beträchtliche Mengen Kalk, an den Küsten der Südsee und des Stillen Ozeans an manchen Stellen auch ausschliesslich Kalk. J. W. Retgers hat den Sand der niederländischen Dünen sehr genau auf seinen Mineralgehalt geprüft. Danach schwankt der Quarzgehalt zwischen 90 und 95 %; eisenhaltige Minerale von einem spezifischen Gewichte über 3, namentlich Amphibole, Pyroxene und Granaten, untergeordnet Epidot, Turmalin, Staurolith u. s. w., machen ungefähr 5 % aus; Rutil und Zirkon sind verschwindend, und Eisenerze sehr selten vorhanden. Überhaupt werden folgende Minerale gefunden: Orthoklas, Mikroklin, Plagioklase, Cordierit, Quarz, Calcit, Apatit, Amphibol (Hornblende, Aktinolith, Smaragdit, Glaukophan), Turmalin, Pyroxen (Augit, Diopsid, Hypersthen), Epidot, Titanit, Sillimanit, Olivin, Granat (hauptsächlich Almandin, daneben aber wahrscheinlich auch Grossular und Melanit), Staurolith, Cyanit, Korund, Spinell, Rutil, Zirkon, Magnetit, Ilmenit. Der Ursprung dieser Minerale darf in kieselsäurereichen Gesteinen des Grundgebirges, d. h. Graniten, Gneissen und Glimmerschiefern gesucht werden, zum kleinen Teile in den Basalten des rheinischen Devons; die Beteiligung von Diabasen und Dioriten ist nicht ausgeschlossen; und wahrscheinlich hat der im Maasthale anstehende Kohlenkalk Calcit geliefert.

In den Festlandsdünen sind sehr dünne Thoneinlagen nicht selten, namentlich in Zentralasien. Über den diesbezüglichen, bekanntlich von Freiherrn von Richthofen so meisterhaft behandelten Gegenstand sind folgende Ausführungen Sokolów's von Interesse: »Ich für meinen Teil halte mich an die Ansicht, dass beim Ablagern thoniger, staubförmiger Teilchen auf die Bodenoberfläche die Hauptrolle dem atmosphärischen Wasser zukommt. Die Bildung thonigen Staubes erfordert eine vorherige mechanische Zerkleinerung des Thongesteins. Während der trockene lockere Sand an sich einen losen, vom Winde leicht beweglichen Körper darstellt, bildet der trockene Thon an seiner Oberfläche eine kompakte, feste Kruste, von welcher der Wind kaum irgend ein Teilchen abzulösen im stande ist, wenn sie zuvor nicht mechanisch zerbröckelt wird. Auch in der Ablagerungsweise des staubigen Thones und des Sandes besteht ein grosser Unterschied. Der feine Staub schwebt frei in der Luft und sinkt erst bei vollkommener Windstille langsam zu Boden, wo er liegen bleibt, wenn er entweder durch Feuchtigkeit gebunden wird oder sich in einer vor der Windwirkung geschützten Lage befindet, z. B. zwischen Grasstengeln. Die Ablagerung des Dünensandes geschieht dagegen unmittelbar durch den Wind, welcher ihn Schicht für Schicht herbeiweht. Der Unterschied ist durchaus derselbe wie zwischen dem Absatze einer schwebenden Trübe in stehendem Wasser und der Ablagerung von Sand, Grand und noch göberem Materiale aus bewegtem Wasser, z. B. bei Brandung, durch Flüsse u. dergl. m. Daher entstehen sandige Dünenablagerungen gerade da, wo der Wind

Zugang hat; eine Staubablagerung ist hingegen nur an Punkten möglich, welche vor dem Winde vollkommen geschützt sind.

»Der Regen übt durchaus nicht die gleiche Wirkung auf windabgelagerten Sand und auf Staubabsatz aus. Der auf lockeren Sand fallende Regentropfen wird eingesogen und bewirkt nur an der Oberflächenschicht eine geringfügige Verschiebung der Körner; nur an steilen Dünengehängen rufen starke Regenfälle eine Abschwemmung hervor, allein auch diese beschränkt sich auf die obersten Sandschichten, während die tieferen unverändert die Lagerung beibehalten, welche ihnen vom ablagernden Winde verliehen wurde. Auf Staubabsatz wirkt im Gegenteile der Regen sehr stark ein: die feinen Staubteilchen werden vom Wasser fortgerissen in anderer Weise verteilt. Selbst wenn der Staub sich auf Gras abgelagert hat und vom Regen nicht weggeschwemmt werden kann, findet doch eine abweichende Verteilung der Staubkörperchen statt, indem sie von den Stengeln und Blättern auf den Boden hinabgespült werden, um sich dort in kleineren Vertiefungen zwischen den Wurzeln abzulagern. Ausserdem schwebt, vermöge seiner geringen Schwere, der Staub längere Zeit in der Luft und sinkt, wie soeben bemerkt wurde, selbst bei vollkommener Windstille nur langsam zu Boden; der Regen bewirkt aber ein rascheres Niederschlagen der Teilchen und säubert somit von ihnen die Luft.

»Die Mächtigkeit der im Laufe lange andauernder Regenlosigkeit, wie sie in manchen Wüsten vorkommt, abgesetzten Staubschicht dürfte wohl kaum so bedeutend werden, als dass der Absatz nicht durch einen Regenfall weggespült werden könnte. Bei aller Dichtigkeit eines Staubnebels ist die Staubmenge niemals gross, und die Mächtigkeit des Abgesetzten bemisst sich nach Millimetern, höchstens nach Zentimetern, während die Mächtigkeit des im gleichen Zeitraume durch den Wind aufbereiteten, teils weggewehten, teils aufgewehten Sandes nach Metern, ja Zehnern von Metern zu beziffern ist.

»Somit lagert sich der Dünensand lediglich mit Hilfe des Windes ab, während dem atmosphärischen Wasser höchstens eine abschwemmende Thätigkeit zukommt; beim Absatze aus Staub entstehender lockerer Bildungen hingegen fällt unstreitig dem atmosphärischen Wasser die wichtigste Rolle zu. Die Sonderung, das Abblasen staubförmiger Teilchen aus gröberen am Orte ihrer Entstehung, ihre Übertragung auf mehr oder weniger weite Strecken und ihre Verteilung auf der Erdoberfläche geschieht freilich auch durch Wind, ihre endgültige Häufung und Befestigung an den Boden gehört jedoch ausschliesslich den wässerigen Niederschlägen an.«

Sehr deutlich wird die Schichtung, wenn im Dünensande Einlagerungen von Humusschichten vorkommen, wie es häufig bei Stranddünen und sehr auffallend bei Flussdünen der Fall ist. Sie finden sich z. B. bis zu zehn und mehr in den Dünen von Sestrorétzk und bestehen aus Dünensand, welcher dunkelgrau oder bräunlich gefärbt

ist und verweste Pflanzenwurzeln, einzelne Holzstücke, Kiefernzapfen und oft Holzkohle führt. Ihre Mächtigkeit schwankt durchschnittlich zwischen einigen Millimetern und fünf Zentimetern. Sie beweisen, dass die Dünen mehrfach zur Ruhe gelangten, sich mit Vegetation bedeckten und immer wieder auf die Wanderschaft gingen. »Wie verwickelt der Verlauf dieser Schichten alten Pflanzenbodens auf den ersten Blick auch erscheinen mag, gelingt es dem durch längere, aufmerksame Beobachtungen der Umrisse gegenwärtiger Oberflächen der Dünen geschärften Auge in diesen Linien die Durchschnitte der früheren Oberflächen der Dünen während ihrer Ruheperioden, die die Umrisse der ehemaligen Gipfel, Luv- und Leeseiten wieder zu erkennen. Durch das Studium des Verlaufes dieser eingelagerten Humusschichten vermag man demnach mit gewisser Vollständigkeit die Geschichte einer Düne wieder herzustellen, ihre ehemaligen Masse zu ermitteln, ihr Wachstum oder ihre Abnahme, sowie die Richtung ihrer Bewegung festzustellen.« Dass Torfschichten den Dünensand häufig unterlagern, erklärt sich leicht durch die Entstehung aus Sümpfen, welche in Stranddünengebieten so oft zu finden sind.

Neben Knochen von Landtieren, namentlich höhlengrabenden Kaninchen und Mäusen, können im Dünensande kleinere durch Wind und grössere durch Vögel verschleppte Muschelschalen vorkommen.

Wichtig ist die Auseinanderhaltung von Dünen und Strandwellen. Die letzteren weichen als Produkt der Meeresbrandung nicht nur in Form und Grösse erheblich von jenen ab, sondern kennzeichnen sich nach ihrem Baue und Inhalte meistens deutlich als Ablagerungen, welche unmöglich durch Wind erfolgt sein können. Während die Dünen, wie bereits erwähnt, keine Schlüsse auf die ehemaligen Meeresgrenzen zulassen, ist dies — und das ist von grosser Bedeutung — bei den Küstenwällen, welche genau die Brandungslinie markieren, wohl der Fall.

Was erwartet nun die Geologie vom Studium der Sand- und sandführenden Ablagerungen? »Wir sehen sie am Meeresstrande mit Hilfe der Brandung entstehen, sich am Boden der Flussbetten und an den Flussmündungen unter gleichzeitiger Mitwirkung der Strömung und der Brandung bilden, auf dem Festlande unter dem Einflusse des Windes, oder in Gebirgsschluchten unter demjenigen des Gletschereises zu stande kommen u. dgl. m. Wie kann nun der Geologe, dieser Mannigfaltigkeit der Bildungsursachen Rechnung tragend, bei der Untersuchung lockerer oder im Laufe der Zeit zu Sandsteinen verkitteter Sande feststellen, in welcher Weise diese Ablagerung entstanden: ob da ein Meeresstrand, hier eine Flussbank oder eine Sandwüste bestand, auf welcher der Wind Sandmassen zusammenfegte und aufschüttete. In der Mehrzahl der Fälle vermag der Geologe eine bestimmte Antwort nicht zu geben, weil es oft in den mächtigen Sandablagerungen an organischen Resten, die in Fragen dieser Art hauptsächlich oder ausschliesslich

leitende, wenn auch nicht immer unfehlbare Anhaltspunkte gewähren, gänzlich fehlt. Sande und Sandsteine sind oft in paläontologischer Hinsicht gänzlich stumm, da wegen ihrer leichten Durchlässigkeit für Luft wie für Wasser die in ihnen enthaltenen Reste einer raschen Zersetzung unterliegen. Selbst die festen Teile der Organismen, wie ihr inneres und äusseres Gerüst werden aufgelöst und ausgelaugt und verschwinden schliesslich vollkommen. Es bleibt also nur der Ausweg übrig: die Bildungsweise der Sandablagerungen nach den Eigenschaften des Sandes selbst, nach der Art seiner Schichtung, nach den gegenwärtigen topographischen Bedingungen und, wenn möglich, nach der der Ablagerung des Sandes vorangegangenen Bodengestaltung zu beurteilen. Die Schichtungsweise wäre das bequemste Merkmal, wenn es nicht bekannt wäre, dass in vielen Fällen, eine recht komplizierte und trotz verschiedener Bedingungen dabei sehr ähnliche Schichtung zu stande kommt.«

Als Merkmale, welche für äolische Bildungen anderen Sandablagerungen gegenüber besonders charakteristisch erscheinen, bezeichnet Sokolów folgende:

Die Schichtung zeigt entweder der Luvseite und dem Gipfel der Düne entsprechende sanft aus- und eingebogene Linien oder der Leeseite entsprechende starke Böschungen bis zu 30°. Ähnlich kann die Lagerung vom Meere angeschwemmten Materials sein; dieses letztere indessen enthält gröbere Körner, Grand und Geröll. Auch kann feiner Sand nicht unter grösserem Böschungswinkel als 5° angeschwemmt, dagegen unter 15 bis 20° angeweht werden.

Zweitens wird Sand durch den Wind vollkommener aufbereitet als durch das Wasser und nur bis zur Grösse von höchstens 3 bis 4 *mm* Durchmesser auf der Ebene und von 1 bis 2 *mm* Durchmesser in die Höhe bewegt. Weiter ist der Dünensand stets staubfrei. Staub, welcher sich unter Luft absetzt, kann allerdings unter geeigneten Bedingungen thonige Einlagerungen in den Dünen hervorbringen.

Endlich sprechen Humusschichten mit Resten von Landpflanzen am zuverlässigsten für Dünenbildung. Indessen werden solche selten lange erhalten bleiben.

Zum Schlusse stellt Sokolów folgende Betrachtung an: »Unwillkürlich drängt sich übrigens die Frage auf, ob eine so unstete Bildung, wie eine Sandanwehung, im stande ist, sich so lange, seit ihrer Entstehung in der Tertiär- oder einer noch älteren Periode mit all' ihren Kennzeichen unverändert zu erhalten. Eine solche Annahme ist im höchsten Grade unwahrscheinlich, zumal unter der Voraussetzung, dass der Sand locker blieb; zementiert und in Sandstein verwandelt, kann er dagegen unter Beibehaltung seiner Schichtung und anderer Eigenschaften fortbestehen. Eine solche Verkittung losen Sandes durch Kieselsäure, Eisenoxyd, Kalk-, Magnesia- und andere Salze, welche einsickernden und kreisenden Wässern entstammen, ist eine in Sandgesteinen recht verbreitete Erscheinung, welche auch bei

Dünenbildungen statthaben kann. Ich habe nicht selten Gelegenheit gehabt, bei durch Wind zerstörten Dünen einen festeren Kern zu beobachten, welcher aus demselben Sande mit wohl erhaltener Schichtung bestand, aber unter der Einwirkung der Feuchtigkeit und unter dem Drucke der überlagernden Massen ein festeres Gefüge angenommen hatte und mit Eisenoxyd und etwas Kieselsäure schwach verkittet war. Viel häufiger tritt die Verfestigung des Dünensandes und seine Umwandelung zu Sandstein in denjenigen Fällen auf, in welchen er eine merkliche Beimengung von Calciumcarbonat führt. Die allmähliche Verkittung des Dünensandes ist eine nicht nur bei reichlicher mit kreisendem Wasser versehenen Strand- und Flussdünen, sondern auch bei Wüstendünen anzutreffende Erscheinung.«

Durchbruchsthäler in den Südalpen. Dr. K. Futterer untersuchte[1]) die Entstehung der Durchbruchsthäler in den karnischen Voralpen zwischen Piave und Tagliamento. Dieses Gebiet eignet sich hierzu besonders, weil es geologisch gut bekannt, und die Gebirgskette, durch welche die Durchbruchsthäler führen, tektonisch einfach ist. Weiterhin kommt als günstiger Umstand in Betracht, dass die Erosion noch nicht so weit abtragend gewirkt hat, dass die Rekonstruktion früherer Verhältnisse unmöglich oder hochgradig unsicher würde, und schliesslich ist das Flusssystem selbst so einfach und besass dieselbe Eigenschaft auch in den Zeiträumen, welche für die Entwickelung desselben zur Berücksichtigung kommen müssen, dass auch der Zusammenhang der Thalbildung mit der geologischen Bildungsgeschichte des Gebietes leicht zur Darstellung zu bringen ist.

Durchbruchsthäler, wie die Flusssysteme überhaupt, können nur als Erzeugnis einer langen geologischen Entwickelung, im Zusammenhange mit der Entstehungsgeschichte des Landes selbst, verstanden werden. Von den zahlreichen Erklärungen, die für die Entstehung der Durchbruchsthäler aufgestellt worden sind, haben folgende drei allgemeinere Bedeutung: 1. durch epigenetische Thalbildung: die Thäler sind in einem überlagernden Schichtsysteme entstanden, das jetzt abgetragen worden ist; 2. durch rückschreitende Erosion: an der einen Seite eines Gebirges arbeitet die Erosion schneller als an der anderen Seite und verschiebt daher die Wasserscheide allmählich an den jenseitigen Fuss des Gebirges; 3. durch »Antezession« des Flusses: der Fluss ist älter als das durchbrochene Gebirge und hat sich durch seine Erosionskraft behauptet, während das Gebirge aufstieg. Futterer hat ein neues Kriterium aufgestellt, um im Einzelfalle die beiden letzteren Entstehungsarten zu unterscheiden, und zwar die Zusammensetzung der Flussablagerungen, die in verschiedenen Zeiten der Geschichte des Flusses unterhalb des Durchbruches gebildet worden sind. Ist das Durchbruchsthal durch rückschreitende

[1]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin 30. 1895. Nr. 1. p. 1 u. ff.

Erosion entstanden, so müssen sich in der Zeit der Entstehung Sedimente bilden, die nur aus dem Materiale der durchbrochenen Kette bestehen; erst die späteren Sedimente enthalten auch Material aus dem Oberlaufe. Ist aber der Fluss älter als die durchbrochene Kette, so finden sich zu unterst Sedimente nur aus dem Oberlaufe, darüber solche aus dem Oberlaufe und der durchbrochenen Kette gemischt.

Futterer weist bezüglich des oben genannten Gebietes nach, dass dort die Flussdurchbrüche den vorhandenen Querverwerfungen nicht folgen, also nicht tektonisch bedingt sind. Aus den dortigen Tertiärablagerungen ergiebt sich, dass die Flüsse bereits vor der Aufwölbung der Kreiderandkette, die am Ende des Miocän stattfand, annähernd an denselben Stellen flossen wie heute, und aus den Flusssedimenten des Tertiärs und Quartärs erkennt man unter Anwendung des oben angeführten Kriteriums, dass sich die Flüsse an ihrer Stelle erhielten, während die Kreidefalte emporstieg.

Zwischen Durchbruchsthälern, welche quer durch einzelne Ketten ein und desselben Faltengebirges führen, und solchen, die ein ganzes Kettengebirge durchsetzen, besteht aber nur ein gradueller Unterschied, und beiden ist die Eigenschaft gemeinsam, dass die Flussläufe in ihnen höheren Alters als die durchbrochenen Ketten oder Gebirge sind. »Dieses genetische Merkmal,« sagt Futterer, »muss auch in der Definition dieser Gattung von Querthälern gegenüber solchen, welche auf Querspalten oder rückschreitende Erosion zurückzuführen sind, zum Ausdrucke gelangen.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, wären nur solche Thäler als Durchbruchsthäler zu bezeichnen, welche ganze Faltengebirge oder einzelne Ketten derselben quer durchsetzen, und deren Flussläufe älter sind als die durchbrochenen Ketten oder Gebirge.

Es mag sehr gut vorkommen, dass in einem Kettengebirge, dessen eine Seite in hohem Masse infolge klimatischer Ursachen einseitiger Erosion unterliegt, nachdem durch diesen Faktor die Wasserscheiden aus der ersten Kette auf den zweiten oder in noch weiter zurückliegende Kämme verlegt worden ist, Querthäler verschiedener Gattung und verschiedener Entstehung nebeneinander gebildet worden sein können.

Einige präexistierende Flüsse werden Durchbruchsthäler durch das ganze Faltungsgebirge bilden, andere, welche von dessen zuerst entstandenen Ketten abfliessen, werden ebenfalls als echte Durchbruchsthäler jüngere sich angliedernde Ketten durchschneiden und vielleicht auch in rückschreitender Erosion im Laufe der Zeiten ihren Oberlauf durch die zentralen Ketten verlängern können, und eine dritte Kategorie wird nur auf diesem letzteren Bildungsmomente beruhen und kann je nach dem Alter des Flusses verschieden tief in das Gebirge nach rückwärts eindringen.

Hieraus lässt sich auch die in Faltengebirgen nicht seltene Erscheinung erklären, dass eine Kette (3) von einem Flusse

durchbrochen wird, der nachher in einem Längsthale weiterfliesst, ohne die jüngere Kette (4) ebenfalls zu durchbrechen, wenn 1—5 die Ketten eines Faltungsgebirges von der zentralen Kette (1) nach aussen bis (5) an Höhe und Alter der Entstehung abnehmend darstellen. Noch ehe Falte (5) ganz gebildet war, konnte am Abhange der Wetterseite von (4) ein Flusslauf vorhanden sein, der durch Falte (5) in ein Längsthal gedrängt wurde, aber in rückschreitender Erosion allmählich die Kette (4) durchschnitt und einen zwischen 3 und 4 in einem Längsthale fliessenden Fluss erreichte.

Das Alter der einzelnen Flussläufe ist einer der wesentlichsten Faktoren für die jetzige hydrographische Stellung derselben, und wie im Alter der einzelnen Gebirge gegenüber den älteren Festlandsmassen und der einzelnen Ketten eines Faltengebirges gegeneinander grosse Unterschiede stattfinden, so muss sich dasselbe Verhältnis auch in der Bildung ihrer Thäler widerspiegeln.

Der Kampf der Flüsse gegeneinander, die Verschiebungen ihrer Wasserscheiden, tektonische Einwirkungen, welche die grössten Verschiebungen der Flusssysteme zur Folge haben können, machen das Studium der Entwickelung der heutigen hydrographischen Verhältnisse umso schwieriger, in je ältere Perioden wir dieselben zu verfolgen suchen, und je mehr tektonische Bewegungen oder Phasen der Gebirgsbildung sich gefolgt sind.

Wo nicht die Bodenplastik die ehemaligen Flussläufe noch anzeigt, müssen es die Spuren der fluviatilen Bildungen an den Gehängen thun, und gerade dieses wichtige Merkmal ist, soweit prädiluviale Zeiträume in Frage kommen, durch die Eisbedeckung und die grossen Wassermengen der Eiszeit in den meisten Fällen zerstört.

Aus den geringen Erosionsrelikten der sarmatischen Flussbildungen auf den Pässen zwischen dem Oberlaufe des Tagliamento und den Flüssen der Karnischen Voralpen entnehmen wir die Kenntnis, dass diese Flüsse nur die schwachen Epigonen einst viel mächtigerer, den zentralen Alpenketten entströmender Gewässer sind, und dass der heute sie an Grösse des Flussgebietes wie der Wassermasse bedeutend übertreffende Tagliamento nur ein Parvenu unter den Flüssen der Karnischen Voralpen ist, dessen Lauf und dessen Bedeutung nicht in alte Zeiten zurückreicht.

Die kleinen Geröllsteine in den Flussablagerungen und in den Konglomeratbildungen, sowie der Charakter der von diesen Flüssen an ihren Mündungsstellen abgesetzten Sedimente, sind berufen, die wichtigsten Aufschlüsse über das gegenseitige Alter von Gebirgsketten und Flussläufen zu geben und die Rekonstruktion früherer Verhältnisse der Oroplastik und der Verteilung der Gewässer zu ermöglichen.«

Die Zeitdauer der geologischen Vergangenheit. Eine Methode, den Faltungsbetrag als Massstab der geologischen Zeit zu

verwenden, teilt M. P. Rudski mit[1]), indem er mathematisch einen Ausdruck für den Zuwachs des Erdradius während der Zeiteinheit ableitet. Die Formel hat indessen zur Zeit nur bedingt praktischen Wert.

3. Bodentemperatur.

Eisboden und geothermische Beobachtungen in Sibirien. A. Woeikof teilt hierüber einige neuere Beobachtungen mit[2]). Der Bergingenieur Jačeresky besuchte im Juni 1892 die Gegend des Ob-Jenisseikanals, wo Erdarbeiten in vollem Gange waren. Nirgends sah oder hörte er von Eisboden. Und doch waren die Schichten derartig, dass wenn der Boden beständig gefroren wäre, dies den Arbeitern und Unternehmern nicht entgangen wäre, unten Thon, dann Quarzsand mit Moor und Bohneisenerz. Es giebt auch Quellen. Die Gegend des Kanales ist eine sehr kalte Wasserscheide zwischen dem Ket, Zufluss des Ob, und dem Kass, Zufluss des Jenissei, hier, unter dem 59° nördl. Br., ist die mittlere Temperatur der Luft etwa —3° C. Dann besuchte er die nördliche Jenisseische Taigo (Urwälder), welche durch ihre reichen Goldseifen bekannt sind. Dies führte natürlich zu bedeutenden Erdarbeiten. Diese Gegend ist ziemlich gebirgig und liegt östlich vom Jenissei, 59° nördl. Br. und weiter nördlich. Hier fand sich zuweilen Eisboden, jedoch nicht überall, mehr flockenartig, und die grosse Menge Wasser, mit welcher man in den Goldseifen bei Erdarbeiten gewöhnlich zu kämpfen hat, zeigt, dass Eisboden gewöhnlich fehlt. Jačeresky nimmt hier eine mittlere Jahrestemperatur der Luft von —5° an, Schnee deckt den Boden früh und wird bis $1^1/_2$ *m* mächtig.

Anderseits findet sich zwischen Krasnojarsk und Mariinsk in den Brunnen oft ein Eisring, in $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ *m* unter dem Boden. Diese Gegend ist viel wärmer, Krasnojarsk (am Jenissei unter 56° nördl. Br.) hat eine mittlere Lufttemperatur von 0.6°. Werden solche Brunnen nicht benutzt, so bedeckt sich das Wasser im Sommer mit Eis. Die kalte Luft sinkt im Winter in die Brunnen, ausserdem wird der Schnee rund um die Brunnen festgetreten, und durch das ausrinnende Wasser bilden sich Eisschichten. Ein Bohrloch, ganz in der Nähe eines solchen Brunnens, zeigte am 2. (14.) September Eisboden in einer Tiefe von 50 *cm*, während andere Bohrlöcher im Juli keinen Eisboden zeigten.

Im Sommer 1893 wurden einige Bohrlöcher in den Kreisen Krasnojarsk und Atschinsk gemacht und artesisches Wasser gefunden. An zwei derselben machte Jačeresky Temperaturbeobachtungen, in Krebckowo am linken Ufer des Jenissei 20 *km* unterhalb Jenisseisk

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 147.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1895. p. 212.

(ungefähr 140 *m* ü. M. N,) und westlich davon am Grossen Kerutschuk (ungefähr 300 *m* ü. M. N.).

In beiden zeigte sich artesisches Wasser in grossen Mengen in 23 bis 24 *m* Tiefe. Das Wasser, welches ausfloss, hatte eine Temperatur von 4.6 bis 4.8° C. Beobachtungen der Temperatur in den Bohrlöchern, mittels eines mit Paraffin umgebenen Thermometers, welches zwölf Stunden im Bohrloche blieb, ergaben:

Tiefe *m*	Krebckowo	Kerutschuk
8.5	—	4.0
11.3	4.8	4.6
38.0	5.1	—
39.1	—	5.0
45.0	5.5	—
69.5	6.0	—

«In Mitteleuropa,« bemerkt Jačeresky, »geben Bohrlöcher in der Tiefe des Krebckowobohrloches eine Temperatur von 10 bis 11°, also nur 4 bis 5° mehr als in diesem Teile Zentralsibiriens und dies bei einer mittleren Lufttemperatur von 9 bis 10° dort und etwa 0 bis 0.5° hier. So wichtig ist der Schutz, welchen die Schneedecke des Winters gegen die Abkühlung gewährt.«

»Aus den Zahlen ist auch zu sehen, dass die Zunahme nach unten nicht bedeutend ist, 1.2° auf 58 *m*, also noch viel langsamer, als die gewöhnlich angenommene geothermische Zunahme von etwa 3° auf 100 *m*.

Es ist noch zu bemerken, dass die Umgegend von Krasnojarsk schneearm ist, so dass häufig auf 20 bis 30 *km* vor Krasnojarsk keine Schlittenbahn vorhanden ist, also in schneereicheren Gegenden Sibiriens ein viel grösserer Überschuss der jährlichen Temperatur der oberen Bodenschichten über diejenige der Luft zu erwarten ist. Denn einerseits schützt der Schnee den Boden vor Abkühlung im Winter, anderseits kühlt eine Schneelage die untere Luftschicht ab.

Eine frühere Studie von Jačeresky zeigte, dass in Transbaikalien, wo noch viel weniger Schnee fällt als in der Umgebung von Krasnojarsk, bei einer mittleren Lufttemperatur von —2½ bis —3½° C. sich ziemlich regelmässig Bodeneis fand, während in der Umgegend von Turuchansk unter 65½ nördl. Br. am Jenissei, wo die mittlere Lufttemperatur —8° ist, v. Middendorf in 3 bis 9 *m* tiefen Bohrlöchern Ende März eine Temperatur über 0° fand.«

Untersuchungen über die Temperatur des Bodens in verschiedenen Erdarten hat A. Henne angestellt [1]). Die Beobachtungen wurden zu Adlisberg in der Schweiz an verschiedenen Beeten von etwa 25 *qcm* Flächeninhalt angestellt, von denen jedes bis in grosse Tiefe von einer bestimmten Bodenart war. Die Untersuchung wurde

[1]) Mitteilungen der schweizerischen Zentralanstalt für forstl. Versuchswesen **3.**

mit einem sogenannten »Oberflächenthermometer« durchgeführt, d. h. mit einem Instrumente, bei welchem das Quecksilbergefäss durch eine etwa 15 *cm* lange dünne Röhre mit dem die Skala einschliessenden Teile verbunden ist. Diese Konstruktion bietet den Vorteil, dass das Quecksilber bis in beliebige Tiefe versenkt werden kann (bis zu 15 *cm*), ohne dass die Skala verdeckt wird. Der Boden rings um die Thermometer war kahl. Neben diesen Beobachtungen wurden noch solche über den Stand der Lufttemperatur, sowie über die Dauer des Sonnenscheins angestellt. Die Beobachtungen fallen in die Zeit vom 1. April bis 31. Oktober 1892, also in die Hauptvegetationszeit. Was die Resultate betrifft, so lässt sich das umfangreiche Zahlenmaterial kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen: 1. Im Durchschnitte der Monate April bis Oktober beträgt der Unterschied der Temperatur der verschiedenen Bodenarten bei ebener Lage 1.4^{0} C.; 2. im Durchschnitte des Monats Juli erhebt sich diese Differenz auf 4.4^{0} C.; 3. an einzelnen sonnigen Tagen steigt dieselbe um 1^{h} bis auf 8.3^{0} C.; 4. an trüben Tagen sinken die Differenzen der Temperatur vielfach unter 1^{0} C.; 5. die Temperatur der verschiedenen Bodenarten ist fast immer höher als die Lufttemperatur; 6. bei feuchtem Boden ist ein Einfluss der Farbe des Bodens auf dessen Erwärmung nicht nachweisbar.

4. Erdmagnetismus.

Die wahrscheinliche Ursache der magnetischen Anomalien in der Umgebung von Moskau. Als in den fünfziger Jahren eine genaue Triangulation des europäischen Russland ausgeführt wurde, fand sich das merkwürdige Ergebnis, dass in der Umgebung von Moskau die Lotlinie eine sehr merkliche Ablenkung von der normalen Richtung erleidet. Diese Ablenkung macht sich am stärksten innerhalb einer Zone um Moskau bemerkbar, welche von Norden nach Süden etwa 40 *km* und von Osten nach Westen ungefähr 180 *km* ausgedehnt ist. Dort weicht das untere Ende des Lotes um einen Bogen von 11″ nach Norden von der Normalen ab. Etwa 12 *km* südlich von Moskau, auf einer ziemlich von Osten nach Westen streichenden Linie, ist seine Richtung völlig normal, während noch weiter südlich das untere Ende des Lots um etwa 5″ nach Süden abweicht. Eine so bedeutende Ablenkung der Lotlinie in völlig ebener Gegend legt den Gedanken nahe, dass dort unter dem Erdboden Massen von grosser Dichtigkeit sich befinden müssen. Als solche dachte man sich zunächst grosse Eisenmassen, und damit war der Gedanke nahegelegt, die Existenz solcher Massen möglicherweise durch erdmagnetische Messungen nachzuweisen. Der durch seine erdmagnetischen Aufnahmen wohlbekannte Forscher H. Fritsche hat im Juni 1893 eine magnetische Untersuchung der Umgebung Moskaus bis zu 80 *km* Entfernung ausgeführt. Es wurden dadurch für 31 Orte die erdmagnetischen Elemente genau bestimmt und hierauf

gestützt ihre Abweichungen kartographisch dargestellt. Daraus ergiebt sich, dass in einer 20 *km* von Norden nach Süden breiten und 150 *km* von Osten nach Westen langen, über Moskau streichenden Zone die totale Intensität der erdmagnetischen Kraft bedeutend grösser ist, als nördlich und südlich davon, auch ist im westlichen Teile dieser Zone die Anomalie grösser als im östlichen. Eine Karte der Anomalien der magnetischen Inklination zeigt, dass die Neigung der Magnetnadel im Norden von Moskau grösser, im Süden kleiner ist als die normale, und ebenso zeigt eine Karte der Anomalien der magnetischen Deklination, dass diese im Nordwesten kleiner, im Südosten grösser ist als die normale. Die Untersuchung dieser Thatsachen im einzelnen führt zu dem Ergebnisse, dass dort, wo die Lokalattraktion in der Umgebung von Moskau beobachtet wurde, unter dem Erdboden in der That ungeheure Eisenmassen vorhanden sein müssen, welche in einer Mittelzone südlichen, in zwei nördlich und südlich davon streichenden Nebenzonen nördlichen Magnetismus enthalten. Die Frage, in welcher Tiefe diese Eisenmassen sich befinden mögen, lässt sich nicht mit voller Sicherheit beantworten, nach der Rechnung von Fritsche ist aber anzunehmen, dass der Eisenrücken der Mittelzone schwerlich weniger als 35000 englische Fuss tief liegt. Eine Ausbeutung dieser ungeheuren Eisenlager ist also schon durch die grosse Tiefe, in welcher sie sich befinden, ausgeschlossen.

Die Verteilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn für die Epoche 1890.0. Die erste magnetische Aufnahme in Österreich-Ungarn hat Karl Kreil 1843—1850 ausgeführt, und auf ihr sind die magnetischen Karten begründet, welche die Verteilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn und dem angrenzenden südöstlichen Teile Europas für die Epoche 1850.0 darstellen [1]). Obgleich spätere magnetische Messungen mehrfach ausgeführt wurden, schien es doch wichtig, eine Wiederholung der Messungen auf dem ganzen Gebiete Österreich-Ungarns vorzunehmen. Der zu diesem Ende von J. Liznar ausgearbeitete Plan wurde 1888 von der Kaiserl. Akademie gutgeheissen und eine neue magnetische Aufnahme Österreichs mit Ausschluss Dalmatiens beschlossen, während gleichzeitig die Königl. Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Budapest dieselbe Aufgabe für Ungarn übernahm. Die Resultate der Messungen in Österreich, die in den Jahren 1889 bis 1893 ausgeführt wurden, liegen in der Bearbeitung von J. Liznar jetzt vor [2]). In der Einleitung giebt Liznar eine geschichtliche Übersicht der betreffenden Arbeiten, beschreibt die Instrumente und

---

[1]) Denkschriften der Mathem.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissensch. 20.

[2]) Denkschriften der Mathem.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissensch. 62. Wien 1895. 1. Teil. Erdmagnetische Messungen in Österreich.

Station	Breite	Länge östl. v. Gr.	reduziert auf die Epoche 1890.0			
			Deklination	Inklination	Horiz.-Intens.	Total-Intens.
Adelsberg	45° 46.4'	14° 12.4'	10° 11.7'	61° 26.2'	2.1587	4.5149
Admont	47 35.1	14 27.8	10 9.1	62 58.0	2.0767	4.5691
Aflenz	47 32.7	15 14.7	9 45.9	62 50.8	2.0868	4.5726
Altheim	48 14.9	13 14.8	10 41.5	63 38.6	2.0416	4.5992
St. Anton . . .	47 7.9	10 16.8	11 59.4	63 4.0	2.0686	4.5669
Bleiberg	46 37.6	13 41.1	10 24.8	62 17.1	2.1161	4.5500
Blödenz	47 9.7	9 49.5	12 10.1	63 11.3	2.0650	4.5781
Bodenbach . . .	50 46.2	14 13.6	10 16.7	65 29.0	1.9362	4.6660
Bozen	46 30.1	11 20.9	11 30.2	62 30.5	2.1012	4.5588
Bregenz	47 29.7	9 44.1	12 12.5	63 26.5	2.0496	4.5841
Brody	50 5.2	25 9.4	4 56.8	63 56.8	2.0695	4.7119
Bruck a. M. . .	47 24.8	15 16.3	9 49.1	62 38.5	2.0969	4.5629
Brünn	49 11.8	16 35.4	8 58.4	64 13.3	2.0265	4.6598
Brunneck . . .	46 47.6	11 56.6	11 13.8	62 40.2	2.0946	4.5623
Budapest	47 30.0	19 1.8	7 59.2	62 28.8	2.1177	4.5832
Budweis	48 58.6	14 27.8	10 9.3	64 8.1	2.0191	4.6283
Chiesch	50 6.4	13 15.0	10 48.8	65 0.0	1.9638	4.6467
Chlumec	50 9.1	15 27.8	9 38.7	64 42.5	1.9724	4.6168
Cilli	46 13.9	15 15.2	9 43.6	61 44.8	2.1470	4.5355
Czaslau	49 54.6	15 23.6	9 37.0	64 37.0	1.9845	4.6294
Czernowitz . . .	48 16.9	25 56.4	5 15.8	62 39.2	2.1318	4.6407
Czortkow . . .	46 1.2	25 47.6	4 37.9	62 51.5	2.1211	4.6496
Dolina	48 58.0	24 1.1	5 13.1	63 11.6	2.0936	4.6429
Eisenerz	47 32.7	14 53.9	9 57.8	62 52.8	2.0837	4.5710
Franzensbad . .	50 6.7	12 21.3	11 10.8	65 15.8	1.9570	4.6768
Gastein (Hof) . .	47 10.2	13 6.6	10 37.0	62 45.6	2.0916	4.5696
Gleichenberg . .	46 52.7	15 54.5	9 15.6	62 23.9	2·1181	4.5715
Gmünd	46 54.3	13 32.3	10 32.4	62 25.7	2.1081	4.5545
Göding	48 50.9	17 8.4	9 4.4	63 42.0	2.2515	4.6302
Görz	45 57.8	13 38.2	9 27.6	61 37.0	2.1472	4.5169
Golling	47 36.1	13 10.4	10 46.2	63 12.6	2.0702	4.5931
Gratzen	48 47.7	14 47.4	10 0.1	63 57.8	2.0300	4.6247
Graz	47 4.8	15 27.2	9 40.2	62 22.1	2.1111	4.5519
Hohenelbe . . .	50 37.7	15 36.5	9 39.3	65 15.2	1.9512	4.6612
Horn	48 39.6	15 40.1	9 20.4	63 43.7	2.0385	4.6054
Iglau	49 23.6	15 35.0	9 33.3	64 17.5	2.0052	4.6225
Imst	47 14.2	10 44.7	11 45.7	63 8.0	2.0668	4.5734
Innsbruck . . .	47 15.0	11 23.9	11 24.8	63 3.9	2.0701	4.5700
Ischl	47 42.8	13 36.8	10 33.8	63 21.9	2.0603	4.5957
Jakobisny . . .	47 26.0	25 18.8	4 58.6	61 48.4	2.1691	4.5912
St. Johann i. T. .	47 31.6	12 25.4	10 54.6	63 11.5	2.0701	4.5899
Karlsbad	50 13.5	12 53.0	10 51.8	65 12.7	1.9561	4.6655
Klagenfurt . . .	46 37.8	14 18.3	10 16.9	62 12.9	2.6154	4.5380
Klattau	49 24.1	13 18.2	10 42.0	64 31.1	1.9900	4.6255
Kolomea	48 31.2	25 2.1	5 1.3	62 52.2	2.1205	4.6501
Komotau	50 27.2	13 24.9	10 33.2	65 19.0	1.9476	4.6638
Krakau	50 3.8	19 58.1	7 20.9	64 26.9	2.0094	4.6587
Kremsmünster . .	48 3.5	14 9.0	10 15.3	63 31.1	2.0481	4.5931
Krodno	49 41.5	21 46.5	6 21.1	63 56.4	2.0434	4.6514
Laibach	46 2.7	14 30.6	10 4.7	61 34.2	2.1550	4.5265
St. Lambrecht . .	47 4.2	14 8.2	10 26.8	62 41.0	2.0880	4.5499
Landeck	47 8.2	10 34.3	11 51.3	63 4.2	2.0718	4.5745
Leipa (Böhmen) .	50 41.1	14 32.1	10 10.0	65 21.9	1.9417	4.6582
Leitomischl . . .	49 52.3	16 19.4	9 9.9	64 37.5	1.9914	4.6469

Station	Breite		Länge östl. v. Gr.		reduziert auf die Epoche 1890·0					
					Deklination		Inklination		Horiz.-Intens.	Total-Intens.
Lemberg	49°	48.8′	24°	1.2′	5°	10.4′	63°	56.9′	2.0588	4.6878
Lienz	46	49.9	12	45.6	10	52.0	62	35.0	2.1021	4.5652
Liezne	47	34.2	14	14.8	10	16.0	62	59.2	2 0781	4.5753
Linz	48	18.0	14	16.9	10	16 7	63	38 7	2.0417	4.5991
Lundenburg . .	48	45.6	16	52.8	9	2.4	63	45.2	2.0532	4.6428
Mals	46	41.3	10	32.8	11	48.7	62	43.7	2.0908	4.5630
Marburg	46	34.0	15	38.2	9	30.0	62	0.7	2.1309	4.5407
Melk	48	13.8	15	20.2	9	48 3	63	27.6	2.0526	4.5938
Meran	46	40.1	11	11.2	11	30.5	62	36.1	2 0948	4.5522
Nachod	50	25.1	16	9.7	9	18.6	65	2.9	1.9644	4.6566
Neuhaus	49	8.4	15	0.4	9	53 7	64	7.7	2.0155	4.6189
Neustadt, Wr. . .	47	48.4	16	15 7	9	16.9	62	55.2	2.0837	4 5772
Nisko	50	31.3	22	9.2	5	40.1	64	31.0	2.0134	4.6796
O.-Gyalla . . .	47	52.7	18	11.4	8	27.6	62	47.1	2 0931	4.5768
Olmütz	49	36.0	17	15.2	8	48.6	64	26.2	2.0047	4.6495
St. Paul	46	41.8	14	52 1	9	54.7	62	12.1	2.1204	4.5467
Pilsen	49	45.6	13	22.8	10	34.0	64	44.9	1.9770	4.6344
Pisek	49	18.7	14	8.6	10	15.9	64	18.5	2.0007	4.6149
Plan	49	32.2	12	44.1	10	45.7	64	52.9	1.9743	4.6510
Pola	44	51.8	13	50.8	10	15.5	60	42.1	2.1955	4.4865
Prag	50	5.0	14	25.3	10	0.6	64	53.3	1.9673	4.6357
Przemysl	49	37.3	22	45.7	5	34.1	63	57 2	2.0493	4.6670
Příbram	49	41.7	13	59.6	10	15.6	64	39.4	1.9875	4 6432
Radstadt	47	22.6	13	27.7	10	39.2	62	55.7	2.0841	4.5794
Rattenberg . . .	47	26.6	11	53.7	11	14.9	63	10.8	2.0678	4.5872
Rawa ruska . . .	50	14.3	23	37.3	5	6.8	64	25.7	2.0261	4.6940
Riesenau	50	10.0	16	16.9	9	14.4	64	50.6	1.9781	4 6533
Reichenberg . . .	50	46.5	15	4.1	9	57.2	65	27.4	1.9409	4 6726
Riva	45	53.5	10	51.2	11	38.8	62	0.7	2.1277	4.5338
Rzeszow	50	2.1	22	1.4	6	8 8	64	12.5	2.0314	4.6688
Rudolfswert . .	45	48.5	15	10.0	9	47.4	61	22.5	2.1649	4.5189
Salzburg	47	48.2	13	1.9	10	55.7	63	26.2	2.0516	4.5878
Sambor	49	31.0	23	11.5	5	25.3	63	46.6	2.0625	4 6671
Sandac (Alt-) . .	49	36.9	20	38.3	7	15.1	63	55 6	2.0417	4 6453
Sanok	49	33.8	22	12.4	6	3.5	63	48.3	2.0523	4.6492
Schärding . . .	48	27.5	13	26.4	10	41.4	63	48 5	2.0328	4.6056
Schottwien . . .	47	39.4	15	52.5	—	—	62	49.3	2.0889	4.5733
Seelau	49	31.8	15	13.1	9	46.6	64	23.8	1 9981	4.6237
Senftenberg . . .	50	4.9	16	28.4	9	7.3	64	48 0	1.9776	4.6446
Skola	49	2.1	23	31 2	5	21.6	63	12.6	2.0914	4.6401
Stanislau	48	55.8	24	43.0	5	2.2	63	9.1	2.1016	4.6534
Strasswalchen . .	47	58.8	13	15.6	10	48.6	63	31.7	2.0462	4.5904
Stryj	59	16.2	23	52 6	5	15.9	63	27.5	2.0806	4.6562
Suczawa . . .	47	38.5	26	16.4	4	47.4	61	56.7	2.1589	4 5903
Tarnopol	49	33.2	25	33.9	5	10.4	63	36.4	2.0755	4.6690
Tarnow	50	1.2	20	59.1	6	49.4	64	17.8	2.0213	4.6605
Teplitz	50	38.3	13	49.2	10	29.0	65	26.5	1.9393	4 6660
Teschen	49	44.5	18	38.6	8	4.7	64	17.7	2.0164	4.6489
Trient	46	4.0	11	8.2	11	34.0	62	6.8	2.1193	4.5911
Triest	45	38.7	13	45.9	10	25.0	61	22.8	2.1635	4.5167
Troppau	49	57.2	17	54.7	8	28.8	64	35.4	2.0009	4.6631
Vöcklabruck . .	48	0.4	13	39.2	10	29.5	63	27.0	2.0486	4.5832
Wieliczka . . .	49	59.1	20	3.9	7	30.6	64	14.7	2.0180	4.6442
Wien	48	14.9	16	21.6	9	11.1	63	17.2	2.0670	4.5982
Znaim	48	51.6	16	2.9	9	11.7	63	50.2	2 2388	4.6239

Beobachtungsmethoden, sowie die Reduktion auf eine bestimmte Epoche, und giebt dann das Detail der einzelnen Messungen in aller wünschenswerten Vollständigkeit. Am Schlusse befindet sich eine alphabetische Zusammenstellung der Stationen, ihrer geographischen Koordinaten und der auf die Epoche 1890.0 reduzierten Werte für die magnetische Deklination, Inklination, Horizontal- und Totalintensität. Diese Tafel, das Ergebnis der gesamten Beobachtungen und Rechnungen, ist auf Seite 140 und 141 wiedergegeben.

Die säkulare Veränderung des Erdmagnetismus. v. Tillo hat[1]) aus 21 Isogonenkarten (1540, 1580, 1600, 1610, 1640, 1655, 1680, 1700, 1710, 1720, 1730, 1744, 1756, 1770, 1787, 1800, 1829, 1842, 1858, 1880, 1885) und sieben Isoklinenkarten (1600, 1700, 1780, 1829, 1842, 1880, 1885) für alle Punkte, die auf den Breitenkreisen 0° bis 80° nördl. Br. und 0° bis 60° südl. Br. um je 10° voneinander abstehen, die Werte der Deklination und Inklination entnommen, und nach diesen Daten Kurven gezeichnet, aus denen wieder die den Epochen 1550, 1600, 1650 u. s. w. bis 1900 zukommenden Werte ermittelt werden konnten. Folgende Zusammenstellung enthält z. B. die Werte für einen Punkt, dessen Breite 50° nördl. und dessen Länge 20° westl. von Greenwich ist.

Epoche:	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900.
Deklination:	—10.0°	—4.0°	1.5°	8.0°	12.5°	15.0°	12.0°	6.0°.
Inklination:	—	—	—	70.0	68.9	66.4	64.3	64.1.

Die in dieser Weise für 504 Punkte ermittelten Werte bezeichnet Verf. als magnetische Ephemeriden.

Mit Hilfe dieser Ephemeriden wurde für jeden der 504 Punkte die Richtungsänderung der Magnetnadel durch eine Kurve dargestellt, welche eine unregelmässige, einer 8 ähnliche Form zeigt (Schleife); der Sinn der Bewegung hängt natürlich von dem betreffenden Teile der Schleife ab. Der Hauptsache nach zeigt die säkulare Bewegung der Magnetnadel eine Ähnlichkeit mit der täglichen Bewegung derselben.

Aus den Kurven der einzelnen Punkte leitete Verf. für die Epoche 1950 approximative Werte der Deklination und Inklination ab. Solche Werte enthält die folgende kleine Tabelle, welche Verf. mitteilt.

Näherungswerte der Deklination und Inklination für 1950.

Europa

Länge E v. Gr.	0°		10°		20°		30°	
Breite	D.	I.	D.	I.	D.	I.	D.	I.
60° N	8°	71°	4°	70°	—3°	71°	—7°	71°
50 »	8	65	5	65	—1	64	—4	64
»	8	55	4	56	—1	54	—2	56

[1]) Compt. rend. **70**. 1895. Avril 16.

Atlantischer Ozean (südl. vom Golf v. Guinea)

Länge v. Gr.	10° W		0°		10° E	
Breite	D	I	D	I	D	I
0°	20°	— 9°	9°	—18°	3°	—25°
10° S	23	—25	11	—32	10	—37
20 »	29	—36	18	—42	15	—49

Hierin bedeuten die positiven Werte +, dass das Nordende der Nadel nach W und unter den Horizont abgelenkt ist.

Die Säkularvariation des Erdmagnetismus bildet den Gegenstand einer sehr wichtigen Arbeit von L. A. Bauer[1]). Er bediente sich für seine Untersuchungen der schon von Quetelet angewandten Methode zur Darstellung der Bewegung einer magnetischen Nadel, die darin besteht, die Kurve zu erhalten, welche das Nordende der Nadel auf einer um ihren Schwerpunkt beschriebenen Kugelfläche wiedergiebt. Von den so auf rechnungsmässigem Wege ermittelten Säkularkurven sind besonders diejenigen für London, Paris und Rom genauer dargestellt, und der Verf. kommt zu dem Ergebnisse, dass überall auf der Erdoberfläche das Nordende der Nadel, vom Aufhängungspunkte derselben aus gesehen, sich im Sinne der Drehung des Uhrzeigers bewegt. Welcher Art die Säkularkurven der erdmagnetischen Variation sind, lässt Verf. unbestimmt, vielleicht handelt es sich nach seiner Meinung nicht einmal um geschlossene Kurven.

Der Einfluss der Erdbeben auf die Aufzeichnungen der magnetischen Elemente ist von W. Eschenhagen erörtert worden[2]). »Der Einfluss der Erdbeben auf magnetische Beobachtungen,« sagt er, »ist bereits vor längerer Zeit konstatiert; so hat Alexander von Humboldt in den Anden Südamerikas eine auffallende Verminderung der Inklination der Magnetnadel nach den Erdbeben von 1799 und 1802 bemerkt. Eine neuere Untersuchung von Tanakadate und Nagaoka in Japan in dieser Richtung hat kein sicheres positives Ergebnis geliefert; es ist zweifelhaft, wenn auch nicht ganz unwahrscheinlich, dass das grosse japanische Erdbeben vom 27. Oktober 1891 eine andere Verteilung der erdmagnetischen Kräfte in der Nachbarschaft des Epizentrums bewirkt hat.

Nach einer anderen Richtung liegen zahlreichere Erfahrungen vor; es sind mehrfach die Magnetnadeln bei Erdbeben in Schwingungen geraten. Von älteren Beobachtungen dieser Art sind zu erwähnen die von Arago 1822, Kreil, Lamont, welcher bei einem Erdbeben in Griechenland am 18. April 1842 in München momentanen Beginn von Schwingungen der Magnetnadel bemerkte.

Derartige Beobachtungen konnten natürlich bedeutend zuverlässiger gesammelt werden, seitdem man angefangen hat, die fortlaufenden Änderungen der erdmagnetischen Kräfte an vielen Orten

[1]) Inaugural-Dissert. Berlin 1895.
[2]) Abh. d. K. Preuss. Akademie d. Wissenschaften 1895.

zu registrieren. Die photographische Methode, welche man hierbei seit Ende der fünfziger Jahre benutzt, konnte aber genügende Resultate bei so minutiösen Erscheinungen erst geben, nachdem im Jahre 1882 durch Anwendung des Bromsilbergelatinepapiers ein bedeutsamer Fortschritt erzielt worden war.

Während nun die erheblichen Katastrophen des Krakatao und von Ischia nirgends einen Einfluss auf die magnetischen Instrumente gezeigt haben, sind Aufzeichnungen an mehreren Orten bemerkt von dem andalusischen Erdbeben 25. Dezember 1884, von dem Erdbeben an der Riviera 23. Februar 1889, Wernoe (Turkestan) 12. Juli 1889, Oberitalien 7. Juni 1891, Japan 27. Oktober 1891, Bukarest 14. Oktober 1892. Im Jahre 1893 ferner sind verschiedene Erdbeben in Griechenland registriert, ebenso 1891 mehrere Beben, zu deren letzten das Erdbeben von Konstantinopel am 10. Juli 1894 gehört.

Zunächst ist aus dieser flüchtigen Zusammenstellung zu entnehmen, dass anscheinend nur die tektonischen Beben, nicht die vulkanischen einen Einfluss auf die Magnetinstrumente ausüben, ein Resultat, welches bei weiterer Bestätigung sicher Beachtung verdient.

In allen Fällen, wo dem Verf. Aufzeichnungen zu Gesichte gekommen sind, besteht die Einwirkung eines fernen Erdbebens darin, dass die photographisch gezeichnete Kurve des betreffenden magnetischen Elementes (Deklination, Horizontal- oder Vertikalkraft) plötzlich in ihrem Verlaufe unterbrochen wird, indem die Nadel in schnelle Schwingungen gerät, so dass die Aufzeichnung eine verwaschene, mehr oder minder breite Fläche darstellt, die, wenn keine neuen Stösse erfolgen, allmählich wieder zur gewöhnlichen Stärke der Kurve herabsinkt. Sehr charakteristisch ist in dieser Hinsicht die von dem Deklinatorium am 10. Juli 1894 in Potsdam gelieferte Kurve, die in der Originalabhandlung in Originalgrösse wiedergegeben ist. Die Mittellage der Schwingungen stellt hier mit grosser Sicherheit die Fortsetzung der Kurve vor, so dass also durch den Erdbebenstoss keine dauernde Änderung der magnetischen Kraft hervorgebracht wird, ein Punkt, der nicht ohne Bedeutung ist.

Man kann solche ganz ähnliche verwaschene Stellen in den Kurven hervorbringen, indem man der Magnetnadel einen plötzlichen Ausschlag erteilt, z. B. durch schnelles Annähern und Entfernen eines kleinen Magnetes oder eisenhaltiger Gegenstände, aber auch durch mechanische Erschütterungen, z. B. durch heftiges Anstossen an den Instrumentenpfeiler. Dagegen haben jene Schwingungen keinerlei Ähnlichkeit mit einer sogenannten magnetischen Störung, deren Verlauf — abgesehen von der längeren Dauer — nie aus einem regelmässigen Hin- und Herpendeln um eine Mittellage besteht.

»Dieser Umstand spricht hinreichend dafür, dass die Erscheinung nur mechanischer Natur ist, und dass das Instrument wie ein Seïsmograph gewirkt hat. Es sind meines Wissens auch nur von einer

Seite Bedenken gegen diese Auffassung gemacht worden, und zwar seitens des magnetischen Observatoriums im Parc St. Maur bei Paris, wo man zur Kontrolle Kupferstäbe bifilar aufgehängt hat — ähnlich wie den Magnet im Bifilarmagnetometer. Diese Stäbe haben keine Schwankungen gezeigt, während die Magnetstäbe von einem Erdbeben in Schwingungen versetzt worden sind. Es würde hierin in der That ein Hinweis auf die magnetische Natur der Erscheinung gefunden werden können, wenn nicht der erhebliche Einwand bestände, dass ein bifilar aufgehängter Kupferstab sich in einer viel stabileren Lage befindet als der Magnetstab, bei welchem infolge der Verdrehung der oberen gegen die untere Aufhängung ein wenig stabiles und durch sehr geringe Erschütterungen zu beeinflussendes Gleichgewicht zwischen magnetischer Horizontalkraft und Torsionskraft der beiden Fäden besteht. Gegen eine rein magnetische Natur der Erscheinung spricht aber vor allem der Umstand, dass alsdann die Schwingungen an allen Observatorien fast genau gleichzeitig auftreten müssten, ähnlich wie die magnetischen Störungen während man doch aus der Verschiedenheit der Eintrittszeiten an verschiedenen Observatorien Werte für die Geschwindigkeiten der Erdbebenwelle ableiten kann, die — wie bereits H. Wild bemerkt — denen der Geschwindigkeit des Schalles in festen Körpern nahekommen.

Es wäre wohl noch die Möglichkeit denkbar, dass zwar nur eine mechanische Fortpflanzung der Erschütterung stattfindet, dass dieselbe aber gewissermassen auslösend auf das Gleichgewicht der magnetischen Erdkräfte einwirkte. Diese Auffassung ist zunächst nicht von der Hand zu weisen, wenn man erwägt, dass nach den eingangs gemachten Bemerkungen eine Änderung der magnetischen Kraftverteilung durch Erdbeben nicht ausgeschlossen ist, doch schwindet die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme sehr, wenn man berücksichtigt, dass noch in keinem Falle bei den fraglichen Schwingungen eine dauernde Änderung des Standes der Magnetnadel mit Sicherheit nachgewiesen ist, sondern dass die Nadel bei sonstigem ruhigen Verlaufe allmählich wieder auf die alte Stellung zurückgekehrt ist. Für eine solche Annahme der Kombination von mechanischer und magnetischer Wirkung fehlen jedenfalls zur Zeit noch die stützenden Thatsachen, und man ist genötigt, zur Erklärung allein die mechanische Erschütterung der magnetischen Instrumente durch den sich fortpflanzenden Erdbebenstoss heranzuziehen. Es dürfte vielleicht sogar möglich sein, aus der Art, wie die drei verschiedenen magnetischen Variationsapparate — Unifilar, Bifilar und Wage — beeinflusst werden, also aus der Grösse der Amplitude der Schwingungen, einen Schluss auf die Art der seïsmischen Welle zu ziehen. Auch ist es nicht ausgeschlossen, dass z. B. ein Instrument wie die Wage, welches wesentlich auf undulatorische Bewegungen reagieren wird, zu einer früheren oder späteren Zeit in Schwingungen versetzt wird als die anderen Instrumente. Vorläufig

erscheinen aber die Zeitmessungen zur Bestimmung solcher Unterschiede noch zu ungenau, und für den ersteren Zweck wäre überdies eine Kenntnis der schwingenden Massen notwendig.

Auf jeden Fall aber dürfte man mittels der Aufzeichnungen der magnetischen Instrumente in der Lage sein, die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Erdbebenwellen zu ermitteln, was umso schätzenswerter ist, als empfindliche Seïsmographen immer noch wenig aufgestellt sind. Für diese Verwendung ist natürlich eine möglichst genaue Zeitbestimmung des Eintrittes der Schwingungen von Wichtigkeit, ein Punkt, der nicht immer genügend Beachtung gefunden hat.«

Die Aufzeichnungen der selbstregistrierenden magnetischen Apparate geschehen in der Weise, dass auf einem Papiere Linien entstehen, die im allgemeinen einen wellenförmigen Verlauf mit mehr oder weniger grossen Zacken zeigen. Zur genauen Ermittelung des Zeitmomentes, in welchem der registrierende Apparat durch ein Erdbeben gestört wurde, schlägt nun Dr. Eschenhagen vor, die Zacken der magnetischen Kurven der selbstregistrierenden Apparate zu benutzen. Dieser Vorschlag beruht auf der Annahme, dass die magnetischen Störungen auf der ganzen Erde merklich gleichzeitig eintreten, und dass alle Zacken und Spitzen der Kurven sich bei benachbarten, z. B. bei allen europäischen Stationen — nur wenig modifiziert — wiederfinden, so dass man in denselben eine Art allgemeingiltiger Zeitsignale besitzt. »Festgestellt ist bis jetzt allerdings nur so viel, dass die Zeiten der Störungsausbrüche innerhalb eines grossen Gebietes bis auf die Unsicherheit der Zeitangaben übereinstimmen; damit ist aber erwiesen, dass sich etwaige wirkliche Differenzen auch für sehr entlegene Orte jedenfalls auf geringe Beträge beschränken, und aus diesem Grunde ist es gestattet, die Zacken einer Kurve, die sich auf benachbarten Observatorien wiederfinden, geradezu als synchron zu betrachten und sie zur Zeitermittelung zu benutzen. Um auf absolute Zeit zu kommen, braucht man die Zeit nur von einer Station zu kennen, oder auch garnicht, wenn es sich nur darum handelt, die Zeitdifferenz zwischen den Registrierungen eines Erdbebenstosses an verschiedenen Observatorien, von denen magnetische Kurven vorliegen, und daraus die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erschütterung zu ermitteln.

Dies Verfahren ist im folgenden durch ein Beispiel erläutert, welches besonderes Interesse bietet durch die erhaltenen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten. Es betrifft das jüngste Erdbeben in Konstantinopel am 10. Juli 1894, welches ausser in Bukarest, von wo durch das Stehenbleiben zweier Pendeluhren eine sehr präzise Zeitbestimmung vorliegt, von einer grösseren Anzahl magnetischer Observatorien aufgezeichnet wurde. Hier sollen von denselben nur die drei berücksichtigt werden, welche mit Bukarest und Konstantinopel nahezu auf einem grössten Kreise liegen, die Observatorien in Beuthen, Potsdam und Wilhelmshaven. An ersterem wird nur

die magnetische Deklination für bergbauliche Interessen nach mitteleuropäischer Zeit aufgezeichnet, und der Abscissenmassstab beträgt 22.5 *mm* pro Stunde. In Potsdam wie in Wilhelmshaven sind vollständige magnetische Observatorien, und die Zeitmassstäbe betragen 20.5 *mm*, bezw. 15.0 *mm*. Von Beuthen ist die Uhrkorrektion nur bis auf ein oder zwei Minuten sicher, es ist also hier das obige Verfahren am Platze.

Wenn für mehrere kleine Zacken, welche auf zwei von den drei Observatorien übereinstimmend verzeichnet sind, die Kurvenzeiten, d. h. die ohne irgend welche Korrektionen von den Registrierbogen vermittelst ihrer Zeitskala abzulesenden Zeiten ermittelt werden, so ergiebt sich folgende Vergleichung:

Datum	Zacke	Beuthen (Kurvenzeit)	Potsdam (Kurvenzeit)	Differenz Beuthen — Potsdam
		h m	h m	m
10. Juli	1	9 32.7	9 26.5	+ 6.2
10. »	2	10 12.9	10 6.5	+ 6.4
11. »	3	6 21.2	6 15.0	+ 6.2
			Mittel	+ 6.27^{m}

Datum	Zacke	Wilhelmshaven	Potsdam	Differenz Wilhelmshaven — Potsdam
		h m	h m	
10. Juli	1	7 0.0 a. m.	7 18.0	— 18.0
	2	7 14.7	7 32.5	— 17.8
	3	9 7.3	9 26.5	— 19.2
	4	9 24.9	9 43.0	— 19.0
	5	9 48.0	10 6.5	— 18.5
	6	10 58.7 p. m.	11 16.5	— 17.8
			Mittel	— 18.4^{m}

In der folgenden Tabelle sind nun zunächst die Zeiten des ersten starken Erdbebenstosses am 10. Juli wiedergegeben, wie dieselben nach dem Beginne der Deklinationsschwankungen den Kurven entnommen sind. Diese Ortskurvenzeiten sind mit Hilfe der vorhin abgeleiteten Zeitdifferenzen alsdann auf Potsdamer Kurvenzeit reduziert, endlich erhält man mittlere Potsdamer Zeit durch Anbringen der für Potsdam giltigen Korrektionen im Gesamtbetrage von $+ 1^{m}\ 28^{s}$.

Station	Ortskurvenzeit	Potsd. Kurvenzeit	Potsd. mittl. Z.
	h m s	h m s	h m s
Beuthen . . .	11 29 33 a. m.	11 23 17 a. m.	11 24 45 a. m.
Potsdam . . .	11 26 30	11 26 30	11 27 58
Wilhelmshaven .	11 10 0	11 28 24	11 29 52

In Konstantinopel wurde der erste Erdbebenstoss nach Dir. Coumbary um $0^{h}\ 24^{m}$ p. m. mittl. Z. Konst. bemerkt, einige Uhrmacher geben an $0^{h}\ 20.5^{m}$ und $0^{h}\ 21.7^{m}$, eine weitere Angabe

findet sich in Flammarion l'Astronomie Bd. 13, p. 311, zu 0^h 23^m = 11^h 20.0^m mittl. Z. Potsdam. Da alle Werte einige Unsicherheit zu besitzen scheinen, so wurde der letztgenannte Wert, der dem Mittel nahe kommt, gewählt. Für Bukarest, wo zwei Pendeluhren durch den Stoss angehalten wurden, liegt der sichere Wert 0^h 30^m 11^s (Zeit des 30. Meridians) = 11^h 22^m 26^s mittl. Z. Potsdam vor.

Sämtliche Daten sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben, die zugleich die Differenzen der Stosszeiten Δt von je zwei aufeinanderfolgenden Stationen nebst den entsprechenden Entfernungen Δe und den abgeleiteten Geschwindigkeiten v (Kilometer pro Sekunde) enthält.

Station	Stosszeit	Δt	Δe	v
	h m s	s	*km*	*km*
Konstantinopel . .	11 20 0 a. m. mittl. Z P.	146	440	3.0
Bukarest	11 22 26	139	805	5.8
Beuthen	11 24 45	193	465	2 4
Potsdam	11 27 58	114	360	3 2
Wilhelmshaven . .	11 29 52			

Bei Vergleichung der so berechneten Geschwindigkeiten mit anderweitig erhaltenen Werten fällt besonders die hohe Zahl für die Strecke Bukarest-Beuthen auf. Für das nämliche Erdbeben leitet Wild die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 3.5 *km* ab für die Strecke Konstantinopel-Pawlowsk, ferner findet Davison für verschiedene Stationen Werte, die von 2.5 *km* bis 4.5 *km* variieren, im Mittel erhält er 3.4 *km.* Bei dem andalusischen Erdbeben vom 25. Dezember 1884 und dem Erdbeben an der Riviera vom 23. Februar 1887 hat Fouquet die mittleren Werte 3.1 *km,* bezw. 1.4 *km* abgeleitet. Derselbe findet als höchste Geschwindigkeit aus Versuchen in verschiedenen Bodenarten den Wert von 3.1 *km* im Granit.

Es dürfte hiernach schwer sein, dem obigen Werte von 5.8 *km* für die Strecke Bukarest-Beuthen volle Realität beizumessen, nimmt man aber selbst noch einen Zeitfehler von 30 Sek. für Beuthen an — höher dürfte man, da gerade die Beuthener Kurven den grössten Massstab für die Abscissen (22.5 *mm*) haben, wohl nicht gehen —, so bleibt noch immer ein Wert von 5 *km* bestehen, während alsdann für die Strecke Beuthen-Potsdam eine den übrigen Zahlen besser entsprechende Geschwindigkeit herauskäme.

Es liegt nun nahe, einen Erklärungsgrund für den hohen Wert in dem Umstande zu suchen, dass zwischen Bukarest und Beuthen sich das ganze Massiv des Karpathengebirges erstreckt, in dem eine schnelle Fortpflanzung sehr wahrscheinlich ist; anderseits könnte man die geringe Geschwindigkeit zwischen Beuthen und Potsdam durch die Bodenbeschaffenheit des märkisch-schlesischen Tieflandes erklären. Nicht ohne Einfluss dürfte vielleicht auch die Beschaffenheit

der unmittelbar unter den Observatorien befindlichen Bodenmassen sein, die in Wilhelmshaven und Potsdam bis zu beträchtlichen Tiefen aus Sand bestehen, während in Beuthen das feste Gebirge weniger tief steht.

Das einmalige Resultat ist nun freilich nicht geeignet, alle diese Erklärungen über den Rang blosser Vermutungen hinwegzuheben, insbesondere muss man die Bestätigung des Einflusses der Karpathen von einer zufälligen Wiederholung der Beobachtung abwarten. Dagegen ist es von Interesse, die geringe Geschwindigkeit zwischen Potsdam und Beuthen durch ein anderes Erdbeben bestätigt zu sehen, welches sich am 22. März 1894 in umgekehrter Richtung fortpflanzte oder doch in Beuthen später eintraf als in Potsdam. Da das Epizentrum der Erschütterung mir nicht sicher identifiziert scheint[1]), so kann natürlich eine Geschwindigkeit nur für den Fall der Fortpflanzung in der Richtung Potsdam-Beuthen abgeleitet werden, die aber offenbar einen Maximalwert vorstellt.

Steht die Erdbebenwelle nicht senkrecht auf dieser Verbindungslinie, so ist die wahre Fortpflanzungsgeschwindigkeit kleiner als jener Wert, den man aus den Beobachtungen an diesen beiden Orten auf die eben angegebene Weise ermittelt hat, und den man passend als scheinbare Fortpflanzungsgeschwindigkeit bezeichnen könnte.

Es sind bei dem genannten Erdbeben an beiden Orten zwei Stösse beobachtet, in Potsdam um $11^h\ 59^m\ 0^s$ a. m. und $0^h\ 2^m\ 0^s$ p. m. Ortskurvenzeit, in Beuthen um $0^h\ 7^m\ 24^s$ p. m., bezw. $0^h\ 10^m\ 12^s$ p. m. Die Reduktion der Zeiten ergab aus Vergleichung zweier Zacken übereinstimmend $4^m\ 54^s$, so dass die Erdbebenstösse nach Potsdamer Kurvenzeit in Beuthen eintrafen um $0^h\ 2^m\ 30^s$, bezw. $0^h\ 5^m\ 18^s$, demnach kam die Welle um $3^m\ 30^s$, bezw. $3^m\ 18^s$ später nach Beuthen als nach Potsdam. Zu der Maximalwegdifferenz von 465 *km* sind also im Mittel 204 Sek. gebraucht worden, mithin ergiebt sich eine Geschwindigkeit von 2.3 *km* pro Sekunde.

Es wird sich vielleicht Gelegenheit bieten, diese Berechnungen bei etwaigen Wiederholungen der Erscheinungen aufs neue anzustellen, und es dürfte fraglos sein, auf diese Weise manchen schätzenswerten Beitrag zur geophysikalischen Forschung zu gewinnen. Zur Erhöhung der Sicherheit ist es aber notwendig, bei den photographischen Aufzeichnungen, sowohl hinsichtlich der Kurven selbst, als durch die Zeitangaben, die grösstmögliche Schärfe und Genauigkeit anzustreben, insbesondere aber wäre es wünschenswert, dass die Bearbeitung derartiger interessanter Erscheinungen einheitlich von einem Gelehrten geschähe, dem dazu von seiten der Observatorien die Originale der Kurven oder doch gute Kopien zur Einsicht übersandt werden müssten; alsdann dürften manche

---

[1]) Nach Mitteilung von v. Rebeur-Paschwitz liegt es bei Japan.

Ungenauigkeiten vermieden, manche Einzelheiten dagegen besser erkannt werden.«

Über den Zusammenhang zwischen der erdmagnetischen Horizontalintensität und der Inklination verbreitet sich Dr. H. Fritsche [1]). Gauss hat in seiner Abhandlung: »Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus«, im Jahre 1838 gezeigt, dass man die unendlichen Reihen, durch welche die an irgend einem Orte der Erdoberfläche senkrecht zu einander wirkenden erdmagnetischen Kräfte X, Y, Z dargestellt werden, aus einer einzigen Funktion V der geographischen Länge und des Winkelabstandes vom astronomischen Nordpole nach bekannten mathematischen Regeln ableiten könne. Ferner beweist Gauss, dass, wenn X oder Z gegeben sind für die ganze Erdoberfläche, man daraus die anderen beiden Komponenten, resp. Y, Z oder X, Y ableiten könne; ebenso auch folgert er, dass man alle Kraftäusserungen des Erdmagnetismus berechnen könne, wenn Y für die ganze Erdoberfläche und X für irgend eine Linie, welche auf der Erdoberfläche liegend den astronomischen Nordpol mit dem Südpole verbindet, bekannt sind.

Es ist von Gauss selbst und nach ihm später von anderen Gelehrten öfter hervorgehoben, dass die eben besprochenen Beziehungen zwischen V, X, Y, Z sehr merkwürdig seien, aber, bemerkt Fritsche, soviel ich weiss, hat niemand die eigentliche Ursache davon erwähnt, obgleich sie mit dem Wesen der Gauss'schen allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus eng verknüpft ist.

»Setzt man nämlich voraus, dass V ganz bekannt sei, so heisst das mit anderen Worten, man nimmt an, dass alle magnetischen Massen der Erde ihrer Grösse und Lage nach gegeben sind, dann ist es natürlich nicht zu verwundern, dass man alle Kräfte dieser Massen bestimmen kann, weil das Fundamentalgesetz der Wechselwirkung der magnetischen Massenelemente dasselbe wie bei der Gravitation ist. Ebenso schliesst die völlige Kenntnis der Reihen für X, Z oder Y, im Grunde genommen, diejenige aller magnetischen Massen der Erde ihrer Grösse und Lage nach in sich, da die Koeffizienten der Reihen von den Massen abhängen. Zugleich folgt aber daraus auch, dass die Gauss'sche Theorie, sofern sie angewandt werden soll, ganz von den Beobachtungen abhängt, und sie daher aus ungenauen Interpolationsformeln besteht, welche bis jetzt mit den Beobachtungen nicht haben in Einklang gebracht werden können und wahrscheinlich nie gebracht werden, indem sich in neuerer Zeit herausgestellt hat, dass sich ein grosser Teil der auf unsere Apparate wirkenden magnetischen Massen im Erdboden, auf den wir treten, befindet oder doch der Erdoberfläche sehr nahe liegt, weshalb die bis jetzt berechneten Reihen für V, X, Y und Z nur eine rohe

---

[1]) Fritsche, Erdmagnetische Horizontalintensität und Inklination. Mit 29 Tafeln. Petersburg 1895.

Annäherung an die Wahrheit gewähren, da sie viel langsamer konvergieren, als Gauss seiner Zeit annahm.«

»Nach meinen Untersuchungen,« fährt Fritsche fort, »hat jeder Ort seine »Lokalabweichung«, und weit ausgedehnte, grosse Anomalien sind über die ganze Erdoberfläche verbreitet.

In seiner allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus bespricht Gauss die vor ihm von Tobias Mayer und Hansteen gemachten Versuche, die beobachteten Erscheinungen des Erdmagnetismus durch Hypothesen und danach abgeleitete, möglichst einfache Formeln darzustellen: Tobias Mayer nahm einen (fingierten) kleinen Magnet in der Nähe des Erdmittelpunktes, Hansteen zwei solcher Magnete an und entwickelte demgemäss Formeln, welche den Beobachtungen nur sehr roh entsprachen. Gauss sagt: »Es wird (damit) nicht geleugnet, dass mit einer grösseren Anzahl solcher fingierter Magnete zuletzt eine genügende Übereinstimmung — zwischen Beobachtung und Rechnung — erreicht werden könnte: allein eine ganz andere Frage ist, ob eine solche Form der Auflösung der Aufgabe geraten sein würde; es scheint in der That, dass die schon bei zwei Magneten so überaus beschwerlichen Rechnungen für eine bedeutend grössere Zahl der Ausführbarkeit unübersteigliche Schwierigkeiten entgegensetzen würden. Das Beste wird sein, diesen Weg ganz zu verlassen, der unwillkürlich an die Versuche erinnert, die Planetenbewegungen durch immer mehr gehäufte Epicykeln zu erklären.«

Wenn nun auch dieses Urteil eines der grössten Gelehrten aller Zeiten wohl begründet ist, so erinnern doch auch Gauss' Interpolationsformeln, welche er an die Stelle der früheren Formeln gesetzt hat, ebenfalls an die Epicykeln, da sie aus unendlichen, sehr langsam — streng genommen vielleicht gar nicht — konvergierenden Reihen bestehen, welche die Beobachtungen um so besser darstellen, je mehr Glieder aus letzteren berechnet werden.«

»Man darf nicht hoffen,« sagt Fritsche weiter, »eine vom Beobachtungsorte unabhängige, exakte, einfache Formel zwischen der Horizontalintensität T und der Inklination i in den Beobachtungen zu entdecken, da magnetische Lokalabweichungen überall auf der Erde verbreitet sind. Nimmt man aber eine einfache Gleichung zwischen T und i als bestehend an, so wird man mit einer genäherten Darstellung der Beobachtungen durch dieselben zufrieden sein und der Örtlichkeit, zu welcher T und i gehören, Rechnung tragen müssen. Der erste derartige Versuch ist von Lamont im Jahre 1859 gemacht worden. Sein bekanntes Gesetz lautet: $\operatorname{tg} i = a\,(0.592 - \lg T)$, worin a eine Konstante, von Lamont $= 7.15$ gesetzt, bedeutet, und stellte die Inklinationen der mitteleuropäischen Orte innerhalb $\pm 15'$ dar. Es zeigte sich jedoch bald, dass a mit Länge und Breite variierte. So z. B. verändert sich nach F. Müller's Rechnungen a für Europa und einen Teil Nordasiens zwischen 7 und 11 in sehr komplizierter Weise, obgleich dies doch nur ein sehr kleiner Teil der Erdoberfläche ist.

Um nun über den Wert der Lamont'schen Formel ein entscheidendes Urteil zu gewinnen, berechnete Fritsche den Faktor a vermittelst der von Gauss in seinem Atlas des Erdmagnetismus gegebenen Inklinationen i und Horizontalintensitäten T.

Er fand, dass a sehr viel mit Länge und Breite, im ganzen um das Zwei- bis Dreifache seiner selbst variiert, er hat deshalb die Lamont'sche Formel abgeändert und für die verschiedenen Erdzonen bestimmte Formeln aufgestellt, sowie Tafeln berechnet, aus denen man die einzelnen Werte ohne Mühe entnehmen kann.

Isanomalen des erdmagnetischen Potentials. Nach Analogie der von Dove eingeführten meteorologischen Isanomalen hat Prof. v. Bezold magnetische Isanomalen entworfen[1]). Er giebt auf einer Karte die Isanomalen für die Epoche 1880, die er aus der von v. Quintus Icilius bearbeiteten Karte des magnetischen Potentials für den genannten Zeitpunkt konstruiert hat. Er bestimmte die Werte des Potentials von 10 zu 10 Breitengraden und von 20 zu 20 Längengraden und machte den ersten Versuch, im allgemeinen den Verlauf der Isanomalen zu ermitteln. Aus den Zahlen wurden nun zunächst die Mittelwerte des Potentials für die Parallelkreise, von 10 zu 10 Graden weiterschreitend, abgeleitet, sowie für die beiden Pole. Hierbei ergaben sich nun sofort zwei höchst überraschende Resultate:

Erstens zeigte sich, dass die Mittelwerte des Potentials für die gleichen nördlichen und südlichen Breiten nahezu gleich sind und sich nur durch das Vorzeichen voneinander unterscheiden, ganz im Gegensatze zu den Mittelwerten der Temperatur, welche sehr grosse Unterschiede aufweisen. Zweitens fand sich, dass diese Mittelwerte beinahe genau durch die Formel $V_n = K \sin \beta$ dargestellt werden, in welcher β die Breite und K eine Konstante bedeutet. Die Abweichungen zwischen den empirisch gefundenen und den nach der Formel berechneten Werten sind so gering, dass die Formel ein wirkliches Naturgesetz darzustellen scheint, und die aus derselben sich ergebenden Werte als Normalwerte betrachtet werden dürfen.

»Das hier gefundene Ergebnis,« sagt v. Bezold, »scheint mir vorerst das merkwürdigste der ganzen Untersuchung. Es muss um so mehr in Staunen versetzen, je unregelmässiger sich die Verteilung der erdmagnetischen Elemente in Wahrheit darstellt, und je weniger Symmetrie die beiden Halbkugeln in dieser Hinsicht zu zeigen scheinen.« Im Verlaufe der Isanomalen ist diese Asymmetrie am deutlichsten ausgeprägt. Die Pole der Isanomalen liegen nämlich nicht auf dem Äquator oder zu beiden Seiten desselben, sondern beide liegen auf der südlichen Halbkugel, der eine in 26° südl. Br. und 44° westl. L., der andere in 49° südl. Br. und 140°

---

[1]) Sitzungsberichte der kgl. preuss. Akademie der Wissensch. 1895. p. 363.

östl. L. Dabei verhält sich der erste, etwa $4\frac{1}{2}^0$ südlich von Rio de Janeiro liegende Pol, wie der magnetische Nordpol, d. h. er zieht das Nordende der Nadel an, der andere aber, der etwa 10^0 südlich und 6^0 westlich von Melbourne zu suchen ist, wie der magnetische Südpol der Erde.

Dieser gewaltigen Ungleichheit der Gestalt der Isanomalen auf der nördlichen und südlichen Halbkugel gegenüber muss die fast vollkommene Symmetrie und der einfache Verlauf der Mittelwerte des Potentials für die einzelnen Parallelkreise um so mehr überraschen und die Vermutung nahe legen, dass dieser Verlauf von der säkularen Änderung unbeeinflusst sei. Ja es hat sogar, nach den von v. Tillo für die Epochen 1829 und 1885 berechneten Werten, den Anschein, als ob auch die Konstante K ihren Wert 0.330 beibehalte oder wenigstens nur geringe Änderungen erfahre.

»Eine weiter gehende Diskussion über den Verlauf der Isanomalen scheint dem Verf. zur Zeit noch verfrüht, insbesondere möchte er es auch noch nicht wagen, über den Einfluss der Verteilung von Festland und Wasser Vermutungen aufzustellen, obwohl die Versuchung hierzu nahe liegt. Es dürfte sich empfehlen, hiermit zu warten, bis Isanomalenkarten für verschiedene Epochen vorliegen, um entscheiden zu können, in welchem Masse und in welcher Weise diese Linien der Säkularvariation unterworfen sind. Erst dann wird sich zeigen, ob bestimmte Eigentümlichkeiten hiervon unbeeinflusst bleiben, was ja unbedingt der Fall sein müsste, wenn der doch ziemlich unveränderlichen Verteilung von Wasser und Land hierbei eine Rolle zufiele.«

Der Einfluss der Planeten auf den Erdmagnetismus. Eine sehr merkwürdige Untersuchung hat E. Leyst veröffentlicht[1]) über den Einfluss gewisser Stellungen der Hauptplaneten auf die erdmagnetische Deklination. Die untersuchten Stellungen der Planeten sind: Konjunktion, Opposition, Quadratur und Elongation. Als Material dienten ihm die sorgfältigst bearbeiteten Registrierungen der Magnetographen in St. Petersburg und in Pawlowsk für die Jahre 1873 bis 1889. Leyst beschränkte sich auf diese Beobachtungsreihe hauptsächlich deshalb, weil die anderen magnetischen Observatorien des In- und Auslandes weder eine genügend lange Reihe von Jahren ihre Registrierungen oder fortlaufenden direkten Beobachtungen bearbeitet und in extenso publiziert, noch genügende Daten über die Bearbeitung der Beobachtungen veröffentlicht haben, aus denen man ein sicheres Urteil über die Zuverlässigkeit der einzelnen Angaben, die Konstanten der Instrumente und dergleichen sich bilden könnte.

Zunächst berechnete er für alle sieben Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun die Mittelwerte

---

[1]) Wild, Report f. Meteorologie. **17.** Nr. 1.

der wahren Tagesmittel der westlichen Deklination für die mittlere äusserste westliche und mittlere äusserste östliche Elongation, und für die mittlere obere und mittlere untere Konjunktion der beiden inneren Planeten, und ebenso für die mittlere westliche und mittlere östliche Quadratur, für die mittlere Konjunktion und für die mittlere Opposition der fünf äusseren Planeten, in den Jahren 1873 bis 1889, nach den photographischen Registrierungen des Unifilarmagnetographen Adie in St. Petersburg (1873 bis 1877) und in Pawlowsk (1878 bis 1889), wie sie in den Annalen des physikalischen Zentralobservatoriums, herausgegeben von H. Wild, publiziert sind. Die in St. Petersburg registrierten Deklinationen wurden mit Hilfe der von Wild nach den Beobachtungen in St. Petersburg und in Pawlowsk ermittelten erdmagnetischen Differenz St. Petersburg — Pawlowsk = + 5.86′ auf Pawlowsk reduziert.

Da die Anzahl der Tage der obengenannten vier Hauptmomente der synodischen Umlaufszeit in 17 Jahren verhältnismässig gering ist und daher unsichere Mittel giebt, so nahm Leyst zu den Tagen der Hauptmomente noch die ersten und zweiten Tage vor und nach denselben hinzu. Auf diese Weise erhielt er nicht nur die Mittelwerte der erdmagnetischen Deklination für den Tag der vier Hauptmomente der synodischen Umlaufszeiten der einzelnen Planeten, sondern auch die Mittelwerte aus drei und fünf Tagen zur Zeit dieser Hauptmomente.

Die grösste Anzahl der synodischen Perioden in dem gegebenen Zeitraume von 17 Jahren entfällt auf den Merkur, nämlich über 50. Leyst begnügte sich mit den letzten 50 synodischen Umläufen der Jahre 1874 bis 1889. Die Venus hat in 17 Jahren nur zehn synodische Umläufe, und der Mars sogar nur acht, und daher sind die Resultate für diese beiden, der Erde zunächst stehenden Planeten, besonders die eintägigen Mittelwerte, nicht so sicher, wie die Mittelwerte für Merkur. In demselben Zeitraume hatten die vier grossen Planeten 15 bis 17 synodische Umläufe.

Leyst berechnete ausser den Mittelwerten für den Tag der Konstellation noch Mittelwerte für drei, resp. fünf Tage zur Zeit derselben, wobei jedem einzelnen Tage ein und dasselbe Gewicht beigelegt ist. Bei einer hinlänglich grossen Anzahl von Tagen (wie im vorliegenden Falle bei den Merkurkonstellationen) zeigen die für den Tag der Konstellation geltenden Mittelwerte am deutlichsten die Eigentümlichkeiten des Einflusses der entsprechenden Konstellation auf die erdmagnetische Deklination, während die dreitägigen und noch mehr die fünftägigen Mittelwerte sich den normalen Werten nähern, insbesondere bei Planeten mit kurzer synodischer Umlaufszeit. Ausser den Mittelwerten aus den Tagesmitteln berechnete er noch Mittelwerte aus denjenigen Monatsmitteln, auf welche die einzelnen Konstellationen fielen.

Aus diesen Rechnungen ergiebt sich, dass jeder Planet einen mehr oder weniger ausgeprägten Einfluss auf die erdmagnetische

Deklination hat. Die ein- und dreitägigen Mittelwerte weichen stärker von den Monatsmitteln ab, als die fünftägigen, und das zeigt sich selbst bei den Planeten Venus und Mars, obgleich die eintägigen Mittel für diese beiden Planeten nur aus zehn, resp. acht Tagesmitteln und die dreitägigen aus 30, resp. 24 Tagesmitteln berechnet sind.

Wie Leyst durch weitere zahlreiche Tabellen nachweist, ergiebt sich, dass durchgängig in den Konjunktionen der Planeten, mit Ausnahme des Merkurs, die erdmagnetische Deklination weniger westlich ist, als in den Oppositionen. Die Erdnähe der Planeten bewirkt also ein Anwachsen der westlichen Deklination, und die grössere Entfernung der Planeten von der Erde, zur Zeit der Konjunktion der äusseren Planeten und der oberen Konjunktion der Venus bewirkt eine Abnahme der westlichen Deklination. Diese Differenzen können nicht zufälliger Gruppierung zugeschrieben werden, denn dieselben verringern sich, wenn man anstatt Mittel aus den Tagen der Konstellation, Mittel aus drei oder fünf Tagen oder Mittel der entsprechenden Monate bildet. Wenn man die Tabellen zur Hilfe nimmt, so sieht man, wie sogar die einzelnen Tage die entsprechenden Änderungen zeigen. Zur Zeit der oberen Konjunktion des Merkur steigt die westliche erdmagnetische Deklination vom zweiten Tage vor der oberen Konjunktion bis zum Tage derselben um 0.26′, und gleich nach der Konjunktion fällt die Deklination fast um denselben Betrag, nämlich um 0.23′ in zwei Tagen. Die untere Konjunktion lässt in gleicher Weise vor der Konjunktion die Deklination um 0.18′ in zwei Tagen fallen und hernach um 0.24′ in derselben Zeit steigen. Dasselbe lässt sich von den Tagesmitteln von Venus, Mars, Jupiter und Neptun nur im umgekehrten Sinne sagen, wobei noch hervorzuheben ist, dass die Extreme zuweilen auch auf den vorhergehenden oder nachfolgenden Tag fallen.

In hohem Grade bemerkenswert ist aber das positive Vorzeichen der Differenzen des Merkur. Dieser Planet ist in seiner magnetischen Wirkung auf die mittlere Deklination mit den anderen sieben Planeten nicht gleichartig. Verf. möchte darauf hinweisen, dass die mittlere Dichte von Venus bis Saturn abnimmt und von Saturn bis Neptun wieder zunimmt; in gleicher Weise verändern sich auch die Deklinationsabweichungen. Der einzige Planet, dessen Dichte grösser ist, als die der Erde, ist Merkur, und für diesen Planet ergiebt die Tabelle eine positive Differenz.

In den Quadraturen und Elongationen sind die Differenzen meist klein und die Deklinationswerte nahezu normal; auffallend sind die Werte für Mars in der östlichen Quadratur. Im ganzen ist die Deklination zur Zeit der östlichen Quadratur grösser, als zur Zeit der westlichen, nur bei Jupiter und Neptun findet man das entgegengesetzte Verhalten.

Im Vorhergehenden wurde der Einfluss der Planeten einzeln derart untersucht, als ob die übrigen Planeten in den Mittelwerten

eines Planeten weiter keinen Einfluss haben. Diese Voraussetzung lässt sich nur dann halten, wenn die synodische Umlaufszeit klein genug ist, um bei kurzen Beobachtungsreihen alle Konstellationen des Planeten nach und nach mit sämtlichen Konstellationen aller übrigen Planeten in Verbindung bringen und so den Einfluss der übrigen eliminieren zu können. Mit einer gewissen Annäherung ist das bei Merkur im vorliegenden Falle erreicht worden, während die übrigen Planeten, besonders die unserer Erde zunächst stehenden, eine derartige Elimination durch langjährige Beobachtungen noch nicht gewähren.

Verf. sucht nun zu ermitteln, in welcher Weise die Konstellationen zweier Planeten, wenn sie nahe bei einander stehen, auf die erdmagnetische Deklination wirken. Die Einzelheiten dieser statistischen Prüfungen können hier übergangen werden, es genüge das Ergebnis, wonach es wahrscheinlich erscheint, dass nicht allein die beiden inneren Planeten, Merkur und Venus, sondern auch einige der äusseren Planeten in verschiedenem Sinne auf den Erdmagnetismus wirken. »Wäre der Sinn der Änderungen bei allen äusseren Planeten derselbe, und summierten sich ihre Wirkungen auf die erdmagnetische Deklination im gleichen Sinne, so hätten wir im November 1881 und 1882, wo kurz nach einander Jupiter, Saturn und Neptun in Opposition standen, und auch der Mars noch zum Schlusse des Jahres 1881 in Opposition kam, eine sehr starke Anomalie gehabt, die im April und Mai vorher und nachher, wo diese drei äusseren Planeten nahezu gleichzeitig in Konjunktion standen, ins Gegenteil übergegangen wäre. Die Beobachtungen zeigen nicht so starke Anomalien, wie man sie erwarten sollte, wenn man ihren Einfluss summiert. Mit Sicherheit kann man aber schliessen, dass jeder der sieben Planeten einen, durch unsere St. Petersburg—Pawlowsker Beobachtungen nachweisbaren, wenn auch geringen Einfluss auf die mittlere erdmagnetische Deklination in den Jahren 1873 bis 1889 gehabt hat, und dass dieser Einfluss mindestens bei Merkur und Venus ein entgegengesetzter war.«

Im dritten Teile seiner Untersuchungen prüft Leyst die Tagesamplituden der erdmagnetischen Deklination, und zwar versteht er unter »Tagesamplitude« die Differenz zwischen dem Tagesmaximum und Tagesminimum der Deklination. Die Tabellen zeigen, dass die Stellungen der Planeten zur Erde und Sonne einen Einfluss auf die Summe der periodischen und nicht periodischen täglichen Schwankungen besitzen, und zwar ist die Tagesamplitude zur Zeit der oberen Konjunktionen der Venus und der Konjunktionen des Jupiter, Uranus und Neptun grösser, als zur Zeit der Oppositionen, resp. unteren Konjunktionen.

Der Einfluss der Planetenkonstellationen beschränkt sich somit nicht allein auf eine kürzere oder längere Zeit hindurch anhaltende konstante Ablenkung des erdmagnetischen Meridians, sondern ändert auch die Grösse der täglichen Schwankungen. Dieser Einfluss ist

jedoch bei allen Planeten nicht in demselben Sinne, sondern verschieden, woraus folgen würde, dass die magnetischen Axen der Planeten nicht alle gleichgerichtet sind.

Zum Schlusse fasst Leyst die Ergebnisse seiner Untersuchungen dahin zusammen, »dass der Magnetismus der Planeten so stark ist, dass sein Einfluss auf den Erdmagnetismus durch unsere Registrierungen des Magnetographen nachweisbar ist. Dabei zeigte es sich, dass der Planetenmagnetismus im höheren Grade den täglichen Gang, als den absoluten Mittelwert der erdmagnetischen Deklination beeinflusst. Der Einfluss auf den täglichen Gang kann ja ein ganz anderer sein, als der Einfluss auf die Mittelwerte, und daher sehen wir auch, dass alle Resultate in bezug auf die primäre, sekundäre und Tagesamplitude unter sich befriedigend übereinstimmen, mit den Resultaten der mittleren Deklination aber weniger harmonieren. Doch in einer Beziehung stimmen die, für die absolute mittlere Deklination gefundenen Resultate mit denen des täglichen Ganges überein, und diese ist der gleiche Sinn des Einflusses der Planeten auf die absolute mittlere Deklination und auf die primäre Amplitude. Die Tabelle zeigt uns, dass alle Planeten in der Opposition und die Venus in der unteren Konjunktion, oder die Planeten in ihrem geringsten Abstande von der Erde, die primäre Amplitude, oder den regulären Teil der Tagesamplitude, gegen den normalen Wert der primären Amplitude vergrössern, nur mit einer Ausnahme, nämlich mit Ausnahme des Merkur. Die Nähe irgend eines Planeten, wieder mit derselben Ausnahme, nämlich mit Ausnahme des Merkur, vergrössert die absolute mittlere westliche Deklination. Hier zeigt es sich, dass die absolute westliche Deklination in derselben Weise, vielmehr in demselben Sinne beeinflusst wird, wie der reguläre Teil des täglichen Ganges. Wir können demnach sagen, dass die Nähe aller Planeten, mit Ausnahme des Merkur, sowohl die absolute mittlere Deklination, als auch den periodischen Teil des täglichen Ganges vergrössern.«

Da für Merkur Beobachtungen während 50 synodischen Umlaufsperioden vorliegen, so hat Leyst zuletzt für diesen Planeten auch den Einfluss auf die übrigen erdmagnetischen Elemente berechnet. Er findet folgendes: »Der Einfluss des Merkur auf die absoluten Werte der Richtungskomponenten und der Intensität ist sowohl quantitativ als auch qualitativ mit befriedigender Sicherheit nachweisbar. Der Einfluss des Merkur auf die primäre Amplitude der Richtungskomponenten ist sicherer erwiesen, als der Einfluss auf die sekundäre Amplitude, während umgekehrt die primäre Amplitude der ganzen Intensität nicht sicher als beeinflusst erwiesen ist, dagegen zeigt die sekundäre Amplitude einen sicher ermittelten Einfluss. Wir könnten daraus entnehmen, dass der Einfluss auf die Intensität so gering ist, dass er in der grösseren primären Amplitude nur unsicher, dagegen in der kleineren sekundären Amplitude sicherer zum Vorscheine kommt.«

Die Ergebnisse, zu denen Leyst bezüglich des Einflusses der Planeten auf den Erdmagnetismus gelangt, sind höchst überraschend, man könnte sagen verblüffend. Niemand hätte dergleichen voraus geahnt. Eben deshalb werden die gewonnenen Resultate auch zunächst noch vielfach mit Misstrauen betrachtet werden, und zwar so lange, bis sie von anderer Seite Bestätigung erhalten.

5. Vulkanismus.

Die vulkanische Thätigkeit des Calbuco in Chile war Ende 1894 in ruhigem Fortgange begriffen[1]). Seit den grösseren Eruptionen in den letzten Tagen des November 1893 hat kein bedeutender Ausbruch stattgefunden. Über die durch die früheren Ausbrüche verursachten topographischen Veränderungen an den Abhängen und am Ostfusse des Vulkans konnte O. de Fischer, der sich im Auftrage der Grenzkommission seit Mitte Oktober 1893 in Llanquihue aufhielt und mehrere Reisen von Puerto Montt auf dem Landwege nach Ralun unternahm, einige interessante Beobachtungen machen. Vor allem hat das Flussgebiet des Rio Hueñu-Hueñu, eines grösseren Nebenflusses des Rio Petrohue, durch die von der Höhe des Vulkans abgeflossenen Schmelzwasser und Schlammströme bemerkenswerte Umgestaltungen erlitten. Der Hueñu-Hueñu hatte im Februar 1893 nahe seiner Mündung in den Petrohue ein zwischen hohe Steilufer eingeengtes, ungefähr 50 *m* breites Bett und führte reichliche Mengen lehmgelben Wassers in mächtiger Strömung dem Petrohue zu. Zur Zeit ist der Hueñu-Hueñu, nachdem die Hochflut der Schmelzwässer abgelaufen ist, ein unbedeutendes, bequem zu überschreitendes Gewässer. Sein grösster Nebenfluss, der aus einem Gletscher des Calbuco entspringende Rio Blanco, der sich früher nahe am Fusse des Berges mit dem Hueñu-Hueñu vereinigte, mündet jetzt erst wenige hundert Meter vor der Vereinigung des letzteren mit dem Petrohue, und auf der ganzen gegen 15 *km* langen Strecke vom Fusse des Calbuco bis zum Petrohueufer dehnt sich eine zwischen 300 und 1000 *m* breite Schlammstrasse (cañada) aus. Auf dem südöstlichen Abhange des Vulkans liegt ein grosser Gletscher, wahrscheinlich derselbe, der dem Rio Blanco den Ursprung giebt. Noch sind bläuliche Eisschollen unter der Decke vulkanischer Asche erkennbar, doch scheint die Hauptmasse desselben abgeschmolzen zu sein. Zu betonen ist, dass bisher noch von keinem ernsthaften Beobachter Lavaergüsse des Vulkans gemeldet worden sind.

Thoroddsen's Forschungen in Island im Jahre 1894. Der unermüdliche Erforscher Islands hat auch in dem genannten Jahre seine Untersuchungen mit grossem Erfolge fortgesetzt.

---

[1]) Verhandlungen der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin 1895. **22.** Nr. 2. p. 119.

Folgenden Bericht über dieselben sandte er der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin[1]):

»Nachdem ich im Juli und in der ersten Hälfte des August die Küstenstrecken im südöstlichen Island zwischen dem Seidisfjördur und der Skeidará bereist hatte, begab ich mich auf das Hochland. Auf Reisen in den Jahren 1884, 1889 und 1893 hatte ich schon die nördlichen und westlichen Teile des Vatna-Jökull untersucht; im letzten Sommer (1894) geschah dies mit den südlichen und nordöstlichen Randgletschern, so dass nunmehr die 8000 *qkm* grosse Eisfläche zum ersten Male von allen Seiten erforscht worden ist.

Am 15. August reiste ich von Lón nach Vídidalur, einem weitfern gelegenen Bauernhofe am Hofs-Jökull, und zog von dort aus in das unbewohnte Innere. Nach Osten zu werden die Firnflächen des Vatna-Jökull von wilden, tief zerschnittenen Liparitfelsen abgeschlossen, die eine Höhe von 12—1400 *m* haben. Hier fand ich die bisher unbekannten Quellen der Jökulsá i Lóni. Der Fluss entspringt aus dem Ende eines Gletschers in einem Thale, das den Namen Vesturdalur erhalten hat, und setzt darauf seinen Lauf durch 2—400 *m* tiefe Cañons nach dem Lón hinab fort.

Zu den Klüften der Jökulsá gehen vier steile Gletscher vom Vatna-Jökull nieder, von denen der unterste in 150 *m* Höhe über dem Meere endet. Nördlich vom Vesturdalur ist am Rande des Vatna-Jökull ein Felsen aus Palagonitbreccie (Geldingafell), und dicht bei diesem fand ich in einer Reihe drei kleine Seen, aus denen ein Nebenfluss der Jökulsá entspringt. Etwas westlicher liegt ein See, dem die Kelduá entstammt, deren Quellen man früher viel weiter nördlich vermutete. Das Hochland selbst oberhalb der Thäler hat eine Höhe von 7—900 *m* und besteht aus wellenförmigen Hochflächen ohne Vegetation; die Oberfläche ist mit kantigen vom Froste zersprengten Basaltblöcken bedeckt, über welche die Pferde sehr schwer vorwärts zu bringen waren, obgleich die isländischen Pferde auch auf felsigem Terrain ganz erstaunlich brauchbar sind. Eine Zeitlang hatte ich mein Zelt an dem 1822 *m* hohen Snæfell stehen und unternahm von dort aus Ausflüge am Nordrande des Vatna-Jökull entlang. Der Snæfall ist ein sehr alter Vulkan, dessen Eruptionsspalte zuletzt durch einen Liparitausbruch verstopft worden ist, so dass der Berg von einem dicken Liparitgange durchsetzt wird; der Berg selbst sowie die nahegelegenen Gipfel bestehen hauptsächlich aus Tuff mit Lavabomben.

Zwei sehr grosse Gletscher gehen vom Nordrande des Vatna-Jökull zu beiden Seiten des Snæfell nieder; der östliche (Eyjabakka-Jökull) ist viel kleiner, hat aber doch eine Ausdehnung von etwa 50 *qkm*. Hier entspringt die Jökulsá í Fljótsdal. Unterhalb des Gletscherrandes verzweigen sich die Gletscherbäche in unzähligen Armen über grosse, grasbewachsene Lehmflächen, die so aufgeweicht sind, dass sie von Menschen oder Tieren nicht überschritten werden können. Dicht am Gletscherrande gelang es uns aber nach der Arbeit eines ganzen Tages dennoch, hinüberzukommen, da hier der Lehm mit gröberem Gerölle vermischt ist. Die Pferde sassen jedoch oft fest, so dass es, nachdem das Gepäck abgeladen war, grosse Mühe und Zeit erforderte, dieselben herauszuziehen. Der Gletscherrand hat im Vorwärtsgleiten auf das unterhalb liegende Erdreich so gedrückt, dass es zu riesigen Wülsten aufgerollt ist, die wie lange Rollen dem Gletscherrande folgen. Westlich vom Snæfell geht vom Vatna-Jökull der Brúar-Jökull herab, der beinahe 500 *qkm* umfasst. Sein Rand liegt wie der des Eyjabakka-Jökull etwa 650 *m* über dem Meere.

Nachdem ich mich einige Zeit oben auf dem Hochlande aufgehalten hatte, reiste ich hinab zu den bewohnten Gegenden im Fljótsdalshérad und

---

[1]) Verhandlungen der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin 1895. 22. Nr. 3. p. 181.

untersuchte im Monate September die geologischen Verhältnisse in den Fjordlandschaften zwischen Seidisfjördur und Héradsflói. Auf den Reisen in den Jahren 1882 und 1894 hatte ich schon Material für eine geologische Übersichtskarte über die Küstenstrecke von Öræfi bis zum Héradsflói gesammelt. Die Hauptergebnisse meiner letzten Reise waren folgende.

Die Hauptgesteinsart im Ostlande ist Basalt, und die Bergseiten nach dem Meere zu und in den Thälern sind aus 50 bis 100 Basaltbänken mit schwacher Neigung einwärts nach dem Lande zu (meist 2–5° nach NW) aufgebaut. Die Basaltformation hat im Ostlande eine Mächtigkeit von wenigstens 3000 *m*. Basaltgänge sind sehr häufig; sie gehen durch alle Basaltbänke hindurch aufwärts und haben meist die Richtung NNO oder NO. In der Basaltformation kommt hier und da eine Liparitschicht zum Vorscheine, die aussen nach dem Meere zu in 600 *m* Höhe liegt, sich aber einwärts ins Land hinein ebenso wie die Basaltbänke neigt. Die vielen tiefen Thäler des Ostlandes sind durch den Basalt hindurch erodiert; grössere Dislokationen sind nicht zu bemerken. Im Basalte finden sich in diesen Gegenden eine Menge Liparitgänge und Lipariteinlagerungen, mehr als an irgend einer anderen Stelle in Island. Am Borgartfjördur und an der östlichen Ecke des Vatna-Jökull bestehen die Felsen zum grössten Teile aus diesem Gesteine, so dass der Basalt hier zurücktritt. Zu beiden Seiten des Lón finden sich grosse aus Gabbro bestehende Bergspitzen (Vestra-Horn und Eystra-Horn); grobkörnige Granophyre in Gängen und grösseren Einlagerungen sind in dieser Gegend sehr häufig. Mit Eis bedeckte Gabbroberge müssen sich auch im Südrande des Vatna-Jökull finden; denn die Gletscherflüsse führen an mehreren Orten (besonders auf dem Breidamerkursandur) abgerollte Gabbroblöcke in das Flachland hinab. Die grosse Breccieformation des Südlandes beginnt im Breidamerkurfjall östlich vom Öræfa-Jökull, worauf der Basalt fast ganz verschwindet. Die Vulkane sind an die Breccie gebunden, in den Basaltgegenden des Ostlandes findet sich kein Vulkan und kein moderner Lavastrom. Oben auf dem Hochlande nördlich vom Vatna-Jökull fand ich, dass Breccien und Tuffe sich bedeutend weiter nach Osten ausbreiten, als man früher gedacht hat. Die Breccie ruht hier wie im Westlande oben auf dem Basalte. Am Südrande des Vatna-Jökull untersuchte ich den Öræfa-Jökull, Islands höchsten Vulkan (1958 *m*). Die acht Gletscher, die sich von diesem Berge herab erstrecken, sind bei den Ausbrüchen geschmolzen und haben grossen Schaden verursacht; von jedem derselben sind grosse Strecken mit kolossalen Felsstücken bedeckt worden, welche die Gletscher mit sich geführt haben, wenn sie bei den Ausbrüchen halbgeschmolzen in die Niederung hinabglitten. Ich sammelte hier möglichst viele historische Nachrichten über die Ausbrüche des Vulkans, die Lage der zerstörten Gehöfte u. s. w. Der Öræfa-Jökull ist aus Tuff- und Breccieschichten, die vom Zentrum aus abfallen, aufgebaut; doch finden sich an seiner südlichen Seite Lipariteinlagerungen und Lavaströme mit Gletscherschliffen, die bis zur Küste hinabreichen und beweisen, dass der Vulkan schon während der Eiszeit thätig gewesen ist. Spuren der Eiszeit sieht man überall im Ostlande, die Richtung der Schrammen wurde an mehreren Stellen bestimmt. Man hat in den Ostfjorden bisher nur wenige Merkmale eines höheren Meeresstandes gekannt; ich fand jedoch alte marine Terrassen an vielen Fjorden 40—50 *m* über dem Meere, auch an einigen Orten in derselben Höhe altes Treibholz, Walfischknochen und Muschelreste, die zu denselben Arten wie die jetzt an der Küste gefundenen gehören. Dagegen sah ich hier nirgends die älteren Muschelbänke mit Yoldia, die im südwestlichen Island so häufig sind.

Die Südküste von Island unterhalb des Vatna-Jökull ist in geologischer Hinsicht besonders interessant, denn sonst nirgend in Island kann man so leicht die Gletscher, die Sandflächen und die Thätigkeit der Gletscherflüsse studieren. An dieser ganzen Küste entlang giebt es keine Fjorde oder Häfen; wo die Gletscherflüsse münden, verschwinden bald alle Einschnitte

wegen der Menge von Gerölle, das die Flüsse herabführen. Auf diesem Küstenstriche finden sich nur aus aufgestautem Flusswasser gebildete seichte Lagunen; schmale Landzungen, von den Flüssen und der Brandung gebildet, trennen sie vom Meer. Oft sind die Lagunen im Winter grösser als im Sommer; denn bei den schweren Winterstürmen werden ihre Ausflüsse häufig verstopft, so dass das Flusswasser sich über grössere Strecken ausbreitet. Im Sommer dagegen ist die Brandung schwächer, so dass die Strömung der Flüsse wieder Öffnungen in den aufgeworfenen Sandriffen bilden kann. Die Sandstrecken südlich vom Vatna-Jökull bestehen ausschliesslich aus abgerolltem Gletscher- und Flussgerölle. Der Anbau ist einzig und allein auf die Oasen zwischen den Gletscherflüssen angewiesen; denn wo das reissende Gletscherwasser in unzähligen Armen die Niederung überströmt, gedeiht keine Vegetation. Viele der Gletscherflüsse sind höchst gefährlich zu passieren; sie führen besonders im Sommer während der Schneeschmelze in den Gletschern sehr bedeutende Wassermassen und sind wegen ihrer Kürze meist sehr reissend. Wo ihr Gefälle geringer ist, setzen sie Gletscherschlamm ab, der für die Pferde äusserst gefährlich ist: sie können in den weichen Boden einsinken und nicht wieder loskommen. Die Einwohner haben eine erstaunliche Übung darin, über die gefährlichen Gletscherflüsse zu reiten. Sie können aus den Strömungsverhältnissen die Tiefe und die Beschaffenheit des Bodens erkennen. Oft muss man in den Flüssen auf und nieder reiten, der Strömung entgegen und von ihr hinweg, bevor man hinüber gelangt, so dass ein solcher Übergang zuweilen ganze Stunden dauert. Man muss sich jedesmal vorwärts tasten; denn feste Furten giebt es nicht, da der Grund sich täglich verändert.

Vom Rande des Vatna-Jökull erstrecken sich Gletscher aus jeder Bergkluft abwärts und breiten sich kuchenförmig auf den unterhalb liegenden Geröllflächen aus. Vom Südrande des Vatna-Jökull, zwischen Lón und Skeidará, gehen 24 Gletscher nieder, von denen mehrere, besonders die Gletscher am Hornafjördur und auf dem Breidamerkursandur, beträchtliche Abmessungen haben. Die Gletscher auf der letztgenannten Sandstrecke sind dadurch eigentümlich, dass sie sich in den zwei oder drei letzten Jahrhunderten in beständigem Vorrücken befanden und sich nie zurückgezogen haben, während man in derselben Zeit bei allen anderen isländischen Gletschern ein abwechselndes Vorwärts- und Zurückgehen beobachtet hat. Das Ende des grössten dieser Gletscher, des Breidamerkur-Jökull, lag in der Mitte des 18. Jahrhunderts 7 *km* von der Küste entfernt, jetzt aber ist er dem Meere so nahe gerückt, dass seine äusserste Spitze nach meiner Messung am 31. Juli 1894 nur 256 *m* vom Meeresrande entfernt liegt. Durch Nivellement fand ich, dass das Gletscherende jetzt nur 9 *m* über der Meeresfläche liegt. Ein wenig westlich von dem niedrigsten Gletscherende strömt einer der wasserreichsten Flüsse Islands, die Jökulsá á Breidamerkursandi, hernieder, die nur etwa 1 *km* lang ist. Dieser Fluss ist in den letzten Jahren ganz unpassierbar gewesen, so dass man die Pferde über den Gletscher führen muss, was viel Zeit erfordert. Man muss hölzerne Brücken mit sich führen, um sie über die Gletscherspalten zu legen.

Unter dem Öræfa-Jökull liegt einer der abgeschlossensten Distrikte Islands, Öræfi, mit acht Bauernhöfen und einer Kirche. Er ist durch weite Wüsteneien und reissende Ströme von der übrigen Welt getrennt; bis dicht an die Gehöfte herab erstrecken sich die Gletscherarme, und reissende Gletscherflüsse stürzen über die Geröllhalden, welche die einzelnen Höfe scheiden. Die Gletscherflüsse und die öden Sandstrecken wirken auch isolierend auf Tiere und Pflanzen. So findet man in Öræfi weder Mäuse, noch Katzen, die sonst überall in Island allgemein sind. Die kleine blaue Campanula rotundifolia gehört im östlichen Island zu den gewöhnlichsten Pflanzen, verschwindet jedoch südlich vom Vatna-Jökull an der Skeidará und nördlich von dieser Eiswüste an der Jökulsá í Axafirdi, die sich nach Norden zu in das Eismeer ergiesst; in anderen Teilen Islands kommt sie

nicht vor. Wo die Vegetation in Öræfi vor Gletschern und Gletscherflüssen gedeihen kann, ist sie für isländische Verhältnisse recht üppig; in malerischen Klüften unterhalb des Gehöftes Skaptafell findet man 6 *m* hohe Birken und Vogelbeerbäume von 10 *m* Höhe, die höchsten, die es in Island giebt.

Berechnung der Energie einer vulkanischen Eruption. A. Riccò hat[1]) für mehrere Explosionen auf der Insel Volcano die entsprechende Energie thermodynamisch berechnet. Er findet mit Berücksichtigung der Masse des ausgeworfenen Materials und der Höhe und Grösse der Dampfwolken, dass in jeder Minute pro *qm* der Bocca 11400000000 *kgm* Arbeit geleistet wurde, so dass bei der 78 *qm* grossen Explosionsöffnung 890000000000 *kgm* anzunehmen sind.

Einfluss von Sonne und Mond auf die Eruptionen des Stromboli. A. Riccò macht darauf aufmerksam[2]), dass von den neun heftigen Ausbrüchen, welche der Stromboli seit 1638 gehabt, einige in den Juli fallen (bei grösster nördlicher Deklination der Sonne) und ferner sechs Ausbrüche nahe dem Perigäum des Mondes statt hatte. Der geringe fluterzeugende Einfluss beider Himmelskörper könnte nach Riccò dann doch bedeutsam werden, wenn die Spannung der Dämpfe im Inneren des Vulkans nahezu in ihrem Maximum ist.

Das Wesen der Maare ist von Prof. Branco[3]) sehr scharfsinnig enträtselt worden. Auf der rauhen Alb in der Umgegend von Urach giebt es Bildungen, welche schon lange als Maare bekannt sind, so das Randecker Maar. Branco hat nun den Beweis geführt, dass die zahlreichen, auf den kleinen Raum von 20 Quadratmeilen beschränkten, aus Tuff und Gesteinsschutt aufgebauten Kegelberge (Bühle und Bölle) und die am Steilabfalle entblössten röhrenförmigen tufferfüllten Gänge alle auf Maare zurückzuführen sind. Dem glücklichen Umstande, dass einerseits auf der Hochfläche typische Maare noch erkennbar sind, und anderseits im Vorlande die Denudation einen 500 bis 800 *m* tief reichenden Einblick in das Innere der von Maarkanälen durchbrochenen Schichten gewährt, verdanken wir also die Möglichkeit, das Wesen der Maare zu ergründen.

»Ein Maar ist nach der bisherigen Erklärung eine trichterförmige Vertiefung, ein Explosionskrater. Dieser setzt aber natürlich irgend einen Ausbruchsweg der explodierenden Gase voraus. Wie dieser beschaffen ist, wusste man bisher nicht. Ob das ein rundlicher Kanal oder ein spaltenförmig schmaler Schlitz ist, oder

---

[1]) Atti Accad. Gioenia di Catania 69. Nr. 10.

[2]) Desgleichen 69. Nr. 11.

[3]) Schwaben's 125 Vulkanembryonen und deren tufferfüllte Ausbruchsröhren, das grösste Gebiet ehemaliger Maare auf der Erde. Jahreshefte d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Würtemberg 1894. 1895.

ob die Erdrinde hier nur zertrümmert ist, so dass gar kein fest umgrenzter Hohlraum vorliegt; ob also nur zertrümmertes, aber sonst in situ gebliebenes Durchbruchsgestein den Weg der Gase kennzeichnet, oder ob derselbe mit Tuffbreccie oder gar mit Basalt erfüllt ist, das war unbekannt.

In dem Gebiete von Urach lernen wir 127 solcher Durchbruchskanäle von Explosionskratern, also von Maaren, kennen. Wir sehen nun aber oben auf der Alb, bei zweifellosen, gut erhaltenen Maaren, durchaus keine ausgesprochenen Trichterbildungen, sondern vielmehr Kessel auftreten; d. h. wir haben hier Ausbruchskanäle, deren oberes Ende nicht, wie man bisher als typisch annahm, sich stark trompetenförmig erweitert, sondern in höherem Grade denselben Durchmesser behält, wie in der Tiefe; also Kanäle mit senkrechten Wänden, welche sich bei der Mündung gar nicht oder doch nicht sehr stark und plötzlich erweitern, sondern diese Erweiterung aus grösserer Tiefe, also viel allmählicher bilden.

Da nun unsere Bildungen der Gruppe von Urach aber echte Explosionskrater, mithin Maare sind, so folgt, dass erstens scharfe Trichterbildung nicht notwendig zum Begriffe eines Maares gehört, dass aber umgekehrt das Vorhandensein eines Kanals von rundlichem oder ovalem Querschnitte notwendig zu diesem Begriffe gehört. Wir müssen also eine Vervollständigung des Maarbegriffes in der folgenden Weise vornehmen:

»Ein Maar besteht aus einem, wohl meist mit Tuff, selten mit festem Eruptivgesteine erfüllten Ausbruchskanale rundlichen oder ovalen Querschnittes, dessen oberes Ende entweder stark erweitert, trichterförmig ist, oder aber wenig erweitert, also kesselförmig ist, oder endlich gar keine Erweiterung besitzt. Damit sind wir aber bei einer einfachen Röhre angelangt. Ob diese dann ganz bis an den Rand hin mit Tuff, bezw. Basalt erfüllt wurde, oder ob der oberste Teil der Röhre leer blieb, so dass hier eine Kessel-, bezw. Trichterbildung in die Erdoberfläche eingesenkt erscheint, das ist nebensächlich, weil zufällig; denn die Tiefe eines Kessels ist etwas ganz Relatives. Ist das aber der Fall, dann giebt es gar keinen Unterschied mehr zwischen einem Maare und einem tuff- (oder basalt-) erfüllten Gange rundlichen Querschnittes, soweit diese Füllmasse von Anfang an in der Erdrinde verblieb, nicht aber als Berg über derselben aufgeschüttet wurde. Es giebt dann Maare mit Trichter oder solche mit Kessel, endlich auch solche ohne Trichter oder Kessel. Dagegen beginnt der Begriff des echten Vulkanberges sofort dann, wenn der Tuff, bezw. Basalt eine Aufschüttung auf der Erdoberfläche bildet.«

Diese Definition des Begriffes »Maar« setzt uns in Stand, auch andere bekannte, merkwürdige Tuffvorkommen als Maare zu erkennen. Branco führt deren eine ganze Reihe an. Besonders seien hier die Diamanten beherbergenden von Kimberley in Südafrika erwähnt.

6. Erdbeben.

Das Erdbeben von Laibach. Prof. E. Suess hat im Auftrage der geologischen Reichsanstalt in Wien die Gegend um Laibach bereist und über seine Forschungen berichtet[1]).

Folgendes ist ein Auszug aus diesen Berichten: »Meine Untersuchungen waren zunächst der Stadt Laibach und insbesondere den stark beschädigten Ortschaften der nördlichen Umgebung gewidmet. Des Vergleiches halber und um zu sehen, was es an entfernteren Orten zu thun gäbe, unternahm ich vor der Hand zwei weitere Exkursionen, die eine nach Cilli und die andere in die Gegend von Zirknitz, Loitsch bis Idria. Man wird es begreiflich finden, dass ich es hier vermeide, die tektonischen Beziehungen des Erdbebens zur Sprache zu bringen, bevor nicht sämtliche eingelaufenen Berichte einer genauen Prüfung und Vergleichung unterzogen worden sind. Auch dass ich eine grosse Menge von Beobachtungen an einzelnen Objekten und begleitende Skizzen eingesammelt habe, kann hier nur angedeutet werden. Ich will mich hier nur darauf beschränken, den allgemeinen Eindruck wiederzugeben, welchen ich bisher von dem Charakter der Erdbewegung in der Umgebung von Laibach gewonnen habe.

Im grossen ganzen fand ich eine glänzende Bestätigung der Auffassung der Erscheinung als fortschreitende, transversale Wellenbewegung, welche Wähner gelegentlich der Besprechung des Agramer Erdbebens geltend gemacht hat. Natürlich äussert sich das rasche Vorüberziehen der einzelnen Wellenberge an einer bestimmten Stelle, je nach der Wellenhöhe und deren Schnelligkeit, als eine Reihe rasch aufeinander folgender, heftiger, vertikaler Stösse, als Heben und Senken oder als horizontales Rütteln oder als sanfteres Wiegen, wie denn auch diese verschiedenen Erscheinungsweisen von verschiedenen Punkten gemeldet werden. Während sich jedoch das Agramer Erdbeben als eine Reihe sehr heftiger Stösse in einer Dauer von ca. 10 Sekunden äusserte, wird bei dem Erdbeben von Laibach, bei welchem die Heftigkeit der einzelnen Stösse ohne Zweifel viel geringer war, allgemein die ausserordentlich lange Dauer und oftmalige Wiederholung der Erschütterung hervorgehoben. Forstkommissar Putik, der ein Zählwerk seiner Taschenuhr funktionieren liess, giebt an, dass der Boden während 26 Sekunden nicht vollkommen zur Ruhe gekommen ist. Damit hängt auch offenbar der Gegensatz der Zerstörungsform der Gebäude zusammen, welcher, wenn man auch das Agramer Erdbebenphänomen nur aus der Litteratur kennt, sofort auffallen muss. Gar kein Haus in Laibach ist thatsächlich eingestürzt, wie das in Agram nicht selten der Fall war; selbst einzelne eingefallene Wände oder Giebelfelder sind

---

[1]) Verhandlungen der k. und k. geol. Reichsanstalt in Wien. 1895. Nr. 7. p. 198.

hier nicht gerade häufig anzutreffen, dagegen sind sämtliche Gebäude durch die wiederholte Erschütterung dermassen »durchgerüttelt«, dass man allenthalben, namentlich im Inneren der Gebäude bedrohliche Sprünge wahrnehmen kann, und oft der ganze Bau gefährdet erscheint. Diese Art und Weise der Beschädigung der Gebäude ist es vielleicht, welche die Auffindung geeigneter Objekte zur Ermittelung der Bewegungsrichtung der Welle im Laibacher Schüttergebiete besonders erschwert. Durch das andauernde »Rütteln« wurden offenbar zunächst die Stellen ohnehin schwächeren Gefüges gelockert, und was wir jetzt sehen, sind klaffende Sprünge an den Stellen eben dieser ursprünglichen Lockerungen, welche sich in den allermeisten Fällen als durchaus abhängig von der Lage und Bauart oder, wenn ich mich so ausdrücken darf, von der gesamten »Tektonik« des Gebäudes nachweisen lassen, und welche, wenn man nach Mallet's Theorie folgern wollte, die widersprechendsten Richtungen andeuten würden. Zu welcher Vorsicht man bei diesbezüglichen Schlüssen genötigt ist, hat mich insbesondere das Studium der Gebäude in der Stadt gelehrt, wo dieselben meist in Komplexen auf unebenem oder auch ungleichem Grunde erbaut sind. Dankbarere Objekte bieten die Ortschaften in der Umgebung, wo sich mehr freistehende Gebäude befinden, und wo sich die Bodenverhältnisse besser beobachten lassen. Da zeigt sich die Wirkung der Erschütterung noch in etwas vollkommener Reinheit. Jedoch auch hier ist die weitaus überwiegende Mehrzahl der Sprünge durch die ursprüngliche Anlage des Gebäudes bedingt. So ist z. B. unter den Hunderten von Gebäuden, welche ich bereits besucht habe, kaum eins oder das andere, in welchem nicht sämtliche vorhandenen Gewölbe, Thor- und Fensterbögen beiläufig in der Mitte gesprungen wären; das ist selbst noch bei den meisten Gebäuden der weniger erschütterten Gebiete, wie bei Zirknitz und bei Idria der Fall. So weist z. B. die Kirche von Rosenbach am Schischkaberge bei Laibach keine andere Beschädigung auf, als eben das Reissen sämtlicher Wölbungen in den verschiedensten Richtungen in gleichem Masse. (Eine Ausnahme ist nur dort zu machen, wo die Gewölbe durch eiserne Schliessen gebunden sind.) Thürstöcke, Fensteröffnungen u. s. w. geben bekanntlich immer Direktionen für die Art und Weise der Berstung des Gemäuers; blinde Fenster und spätere Vermauerungen jeglicher Art sind infolge des Erdbebens überall neuerlich zu Tage getreten; ein beredtes Beispiel bildet der Kirchturm von Koses, bei welchem an allen vier Seiten in gleicher Höhe befindliche, vermauerte und übertünchte Bogenfenster in gleichem Masse herausgedrückt und sichtbar geworden sind. Über diesen befinden sich an allen vier Seiten offene Bogenfenster, von denen je in der Mitte ein starker Sprung ausgeht, der sich Y-förmig verzweigt; an den Kanten treten die Sprünge miteinander in Verbindung. Freie Giebelfelder sind in nebeneinander stehenden Bauernhäusern oft in zu einander senkrechten Richtungen herausgefallen.

Überhaupt kann manche Diskontinuität eine Mauer leicht zur Neigung bringen, in welcher Richtung immer dieselbe stehen mag. Ein aus mehreren Steinen zusammengesetztes, nicht fundiertes Thor in einer Mauer wird durch jegliche stärkere Erschütterung, von woher sie immer kommen mag, in der zur Mauer senkrechten Richtung zum Schwanken gebracht werden und kann dann leicht einen Teil der Mauer mitreissen und die Mauer zur Ausbauchung oder zur Neigung veranlassen. Ein gutes Beispiel dieser Art unter vielen bietet das Wirtshaus nächst der Kirche in St. Veit; die auf diese Weise zur Neigung gelangte Wand daselbst steht W 20 ° N, in spitzem Winkel zu der Richtung, in welcher ich nach anderen Beobachtungen die Fortpflanzungsrichtung der Erdbebenwelle annehme. Die Decke, welche im Inneren des Hauses auf diese Wand gestützt, ist zum Teile eingestürzt. Was die Neigungsrichtung der Sprünge betrifft, sei, um zu zeigen, wie widersprechende Daten wir von diesen Zerstörungsspuren erhalten können, bloss des Franziskanerstiftes nächst der Marienkirche in Laibach gedacht. Daselbst findet man im zweiten Stocke an den inneren Wänden der Zimmer der Nordseite die Sprünge geradezu abwechselnd einmal 45 ° gegen Nord und das andere Mal im selben Winkel gegen Süd geneigt; dabei sind diejenigen Wände ausser Acht gelassen, welche Thürstöcke enthalten, und deren Sprünge dadurch schon beeinflusst sind. Dass es einen grossen Einfluss auf die Zerstörungsform eines Hauses ausübt, wenn dasselbe auf geneigtem Grunde steht, ist von vornherein einleuchtend. Mir stehen eine Reihe von Beispielen auf geneigtem Boden stehender Häuser zu Gebote, welche deutlich zeigen, dass jeder der Sprünge durch diese Lage bedingt war und bei jeder Richtung der Erschütterung hervorgerufen werden konnte. Selbst die Richtung des Sturzes von Schornsteinen kann nur mit grosser Vorsicht zu Rate gezogen werden; fast stets werden sie an der Stelle beschädigt, wo sie das Dach durchbrechen, indem sie durch die Schwingung des Dachstuhles einen wahrhaften Stoss erhalten; wahrscheinlich stürzen sie infolge dieses Stosses auch dann, wenn sie höher über dem Dache abbrechen. Dieser Vorgang mag vielleicht zum Teile die Erscheinung erklären, dass so viele Dachschornsteine eingestürzt sind, während die hohen Fabrikskamine fast alle stehen geblieben sind. Die Bewegung der Erdwelle kann in viele verschieden gerichtete Komponenten zerlegt werden, bis sie sich in die Schwingung des länglichen Dachstuhles umsetzt, welcher oft nach einer Seite leichter beweglich sein wird, als nach der anderen; und selbst das ist nicht ausgemacht, dass dieser Stoss genau die Richtung bestimmt, in welcher der Schornstein fallen muss; namentlich wenn die Seiten desselben verschieden breit sind. (Hier wurden natürlich diejenigen Fälle ganz ausser Acht gelassen, bei welchen die Fallrichtung schon durch die Neigung des Daches bestimmt war.) Selbst das Stehenbleiben von Uhren giebt sehr widersprechende Daten, falls die Angaben, welche mir gemacht werden, zuverlässig sind (woran

zu zweifeln kein Grund vorhanden ist). Überhaupt glaube ich, dass sich in Laibach kaum eine Pendeluhr finden wird, welche bei dem stärksten Stosse nicht stehen geblieben ist.

Alle diese angeführten Bedenken gegen die Verlässlichkeit der Richtungsbestimmung haben, wie bereits erwähnt, bei dem Laibacher Erdbeben erhöhte Giltigkeit, indem die zerstörende Wirkung durch die lange Andauer einer verhältnismässig schwächeren Bewegung hervorgerufen wurde. Dabei konnte natürlich die Wirkung der Kraft in einer bestimmten Richtung weniger deutlich zum Ausdrucke gelangen, als bei den kürzer andauernden, aber unvergleichlich heftigeren Stössen des Agramer Erdbebens.

Nichtsdestoweniger hat mich eine sorgfältige Auswahl unter den mannigfaltigsten Objekten zu der Überzeugung gebracht, dass die Bewegung hier, in dem pleistoseisten Gebiete von Laibach und Umgebung, in der Richtung von 55° gegen NNW vorgeschritten ist. Von vielen Beispielen seien hier nur einige wenige vorgebracht. In Woditz, vor der Kirche, fiel eine $1^1/_2$ *m* hohe und ca. $^3/_4$ *m* dicke Steinsäule von quadratischem Querschnitte auf die Kante der obersten Stiegenstufe, an deren Seite sie stand, und kollerte dann die Stiege hinab, alle Steinplatten derselben zerschlagend. Die lose Steinplatte, welche das Kapitäl der Säule bildete, blieb auf der obersten Stiegenstufe liegen. Die Richtung der obersten Stiegenkante ist NW, etwas N; sie giebt offenbar die ursprüngliche Fallrichtung. Die gleiche Säule auf der anderen Seite der Stiege ist stehen geblieben; sie ist auf der Westseite durch eine Mauer gestützt. An dem linken Turme der Jakobskirche in Laibach, der demoliert werden muss, zeigen die Sprünge deutlich die Tendenz der nordwestlichen Ecke, herauszufallen. Eine steinerne Figur, welche oberhalb des Giebelfeldes zwischen beiden Türmen stand, sah ich noch zertrümmert auf dem Platze vor der Kirche etwas seitwärts liegen, sie fiel nach NNW. (Der eine Turm der Tirnauer Kirche hat jedoch die nordöstliche Partie unter dem Dache verloren.) Schon ein einfacher Spaziergang durch die Ortschaften St. Veit und Wischmarje muss jedermann überzeugen, dass mit wenigen Ausnahmen, die sich zumeist auf lokale Ursachen zurückführen lassen, die Nord- und Nordwestmauern es sind, welche Neigung zeigen, sich vom Gebäude abzulösen; fast jede in der Richtung ca. NNW stehende Mauer zeigt in der Nähe des nördlichen Endes einen stärkeren vertikalen Sprung.

Diese Angaben mögen vorläufig genügen; aber das eine muss ich hier noch beifügen, dass ich auch die Angaben derjenigen Personen, welche sich während der späteren Stösse im Freien befanden und das Beben »kommen hörten«, für sehr wertvoll zur Bestimmung der Bewegungsrichtung halte; namentlich wenn sie im allgemeinen sehr gut übereinstimmen. »Es kam vom Laibacher Moore und verlief gegen den Grintovc,« mit diesen Worten drücken sich die meisten Leute aus; auch Forstkommissar Putik, dessen Angaben ganz

besonders wertvoll sind, weil er anerkanntermassen eine bewunderungswürdige Kaltblütigkeit während der Katastrophe bewahrt hatte und seine ganze Aufmerksamkeit der Beobachtung des Phänomens zuwendete, empfing denselben Eindruck. »Gegen den Grintovc zu verlief es,« sagten auch alle intelligenteren Beobachter in den Ortschaften nördlich vom Gross-Kahlenberge. Diese Angabe bezeichnet zwar nahezu eine genaue Nord-Südlinie, aber da damit wohl keine haarscharfe Direktion gemeint sein kann, und dieselbe offenbar nur ein allgemeines Gefühl der Richtung wiedergeben will, und sich die Vorstellung unwillkürlich an den höchsten Berg der nördlichen Gebirgsgruppe wendet, glaube ich, bei der aus der Beobachtung der Gebäude gewonnenen Annahme einer mehr westlichen Richtung bleiben zu müssen.

Noch einige wenige Bemerkungen zur Physik des Phänomens seien mir hier gestattet, deren eingehendere Diskussion nach Einsammlung noch reichlicheren Materials in einem zusammenfassenden Aufsatze erfolgen wird. Wie bereits bemerkt, ist die Bewegung als fortschreitende transversale Wellenbewegung im Sinne Wähner's aufzufassen. Die Wellenbewegung des Bodens haben viele Leute beobachtet. Ich erwähne nur die Erzählung, dass es den durch die Lattermannsallee eilenden Leuten bei einem späteren Stosse schien, wie wenn die Bäume der Allee gegeneinander stürzen wollten, und einige von ihnen erschrocken aus den Baumreihen flüchteten. Dass Kirchtürme wankten, und sich Häuserreihen gegeneinander neigten, wird allgemein erzählt. Zum Glockenturme der Herz-Jesu-Kirche führt eine steinerne Wendeltreppe von 104 Stufen, welche aus circa $1^1/_2$ *dm* dicken Steinplatten bestehen, die Stufen sind alle bis auf ganz wenige Ausnahmen in der Nähe der Spindel quer durchgebrochen. Das konnte meiner Ansicht nach nur dadurch geschehen, dass der ganze Turm und die Treppe in schwingende Bewegung gerieten. Die senkrechten Risse in den Häusern sind die häufigsten in denjenigen Wänden, welche in der Richtung der Fortpflanzung der Welle liegen, wie das auch Wähner gelegentlich des Agramer Erdbebens beobachtet hat. Das ungemein häufige, teilweise Herausrutschen der mittleren Schlussstücke von gewölbten Thoren, Bogenfenstern u. s. w. kann nur durch ein momentanes Entlasten zu Stande kommen, wie das durch das Auseinanderneigen der seitlichen Stützen oder Wände hervorgerufen wird. Auch bei Fenstern mit rechteckiger Umgrenzung findet man häufig ein Stück des oberen Mauerteiles in die Fensteröffnung, während sich die Wand an einem senkrechten, durch die Fensteröffnung gehenden Spalte geöffnet hatte, herabgerutscht und beim Zusammenschliessen der getrennten Mauerteile wieder gefangen. Aber auch der vertikale Stoss der Welle hat sich in Laibach nicht unmerklich geltend gemacht, zwar, wo man horizontale Sprünge um die Gebäude oder Türme sieht, lassen sich dieselben wohl meistens als infolge einer Eigenart der Bauweise (Einlagerung von Holzbalken, Gesimsen u. s. w.) entstanden

erklären. Man berichtet aber vielfach von in die Höhe geworfenen Gegenständen, von Uhren, welche mit umgebogenen Haken befestigt waren und herausgeschleudert wurden, von Gegenständen, welche über andere (Kastengesimse u. s. w.) hinweggeflogen sind, von emporgeschleuderten Kaminen u. s. w.

Noch auf einen Umstand sei hier aufmerksam gemacht, welcher nach meiner Ansicht zur Charakteristik der Bewegungsform nicht wenig beiträgt. Es sind nämlich sehr oft anscheinend wenig stabile Gegenstände durch die Erschütterung nicht zum Falle gebracht worden, während das Gebäude, in welchem sie sich befinden, grossen Schaden erlitten hat, und die Kamine vom Dache gefallen sind. Es kann also auch eine starke Beschädigung eines Gebäudes unter Umständen einen schwächeren Grad der Erschütterung bedeuten, als das Umfallen eines hohen Zimmerleuchters, einer Lampe, eines Kastens u. s. w. Beispiele hierfür bieten die meisten oft schwer beschädigten Kirchen von Laibach und Umgebung, in denen ich fast immer belehrt wurde, dass von den zahlreichen freistehenden Gegenständen gar keine oder nur sehr wenige umgefallen sind. Eine grosse Menge von ähnlichen scheinbaren Widersprüchen konnte ich an Bauwerken beobachten. Wenige Beispiele mögen vor der Hand genügen, so ist z. B. ein 35 *m* hoher freistehender Kamin der Ziegelei von Koses (Laibach WNW) vollkommen unversehrt geblieben, während in den unmittelbar benachbarten, niedrigen Arbeiter- und Bauernhäusern sehr viele Giebelwände und auch einige innere Gewölbe eingestürzt sind. Im arg zerrütteten Schlosse Flödnig (nördlich von Gross-Kahlenberg) brach eine auf einem Ofen stehende grosse Urne am Halse ab, die übrigen Einrichtungsgegenstände, Leuchter, Gläser, Geschirre u. s. w., sind fast alle auf ihrem Platze geblieben. Der schwere, alte Bau des Strafhauses von Laibach (sogenannte Kastell) mit seinen 2 *m* dicken Mauern hat so starken Schaden gelitten, dass er vollkommen geleert werden musste, sämtliche Gewölbe sind zersprungen. Das im Hofe des Kastells stehende, leichtgebaute, neuere Gendarmerie-Wachthaus hat dagegen sehr wenig gelitten. (Die auf geneigtem Boden stehende kleine Militärwachtstube daselbst ist dagegen nach allen Seiten geborsten und vollkommen unbrauchbar geworden.) Auch auf Friedhöfen findet man ähnliches; ganz freistehende leichte Steinsäulen sind oft auf ihrem Platze geblieben, während grosse, schwere, aus mehreren Marmorblöcken bestehende Grabdenkmäler auseinandergerollt und zertrümmert sind. Solche und viele ähnliche scheinbare Widersprüche werden sehr leicht erklärt, wenn man bedenkt, dass alle Gegenstände von der Erdbebenwelle mit der gleichen Leichtigkeit bewegt werden, und dass die Schwere derselben oder andere Widerstände gegen die hier in Wirkung tretende Kraft keine Rolle spielen. Der Grad der zerstörenden Wirkung hängt nur von der Schnelligkeit der Bewegung und der Amplitude der Welle ab. Wenn sich der Boden rasch um einen bestimmten Winkel neigt, so werden starke und schwache

Mauern unwiderstehlich in gleichem Masse der Neigung folgen müssen; die Gewölbe, ob stark oder schwach, werden, teilweise entlastet, alle bersten müssen (ein leichter Traversenbau wird hier auch wegen grösserer Elastizität gegen einen schweren Gewölbebau im Vorteile sein), bewegliche Gegenstände werden ins Wanken geraten. Während jedoch die beweglichen Gegenstände wieder ins Gleichgewicht zurückgelangen können, bleibt der bei der ungleichen Neigung der Mauer entstandene Sprung unverschliessbar. Ist die Neigung einer Mauer vom Hause weg so stark, dass sie unter der inneren Decke heraus ausweicht, so muss diese einstürzen. Auf diese letztere Erscheinung beschränken sich hauptsächlich die stärksten Beschädigungen der Gebäude von Laibach und Umgebung.

Verdrehung von Kaminen, Obelisken, Grabsteinen u. s. w. sind hier eine ungemein häufige Erscheinung. Die Erklärung dafür ist allgemein bekannt. Ich will hier nur hinzufügen, dass z. B. auf einem steinernen Sockel locker aufsitzende Grabsteine bei dem Wanken des Bodens ins »Klappern« geraten. Den Beweis hierfür fand ich in einigen Friedhöfen (Altlack, Jochza) darin, dass kleine grüne Pflanzen zwischen den niederen Sockeln und dem Grabsteine eingezwickt waren. Dass ein derartig »klappernder« Grabstein, welcher sich auf einem Sockel befindet, der selbst wieder die Schwankung des Bodens mitmacht, nach verschiedenen Seiten hin und her rutschen kann und in den meisten Fällen zuletzt mit dem Sockel nicht mehr parallel stehen wird, ergiebt wohl eine einfache Überlegung.

Es ist bekannt, dass bei den meisten Erdbeben das akustische Phänomen der eigentlichen Erschütterung vorauseilt. Dasselbe wird auch von dem Laibacher Erdbeben allgemein berichtet. Eine nicht uninteressante Erscheinung beobachtete Bernhard, Restaurateur des Kurhauses in Stein. Seine Erzählung erscheint mir vollkommen glaubwürdig. Nach den ersten heftigen Stössen hatte sich eine kleine Zahl der aus den Häusern geflüchteten Leute im Saale der Kurhausrestauration versammelt. Bernhard beobachtete nun stets die Flamme des Lusters und konnte bemerken, dass kurz vor jedem der folgenden, heftigeren Stösse die Flamme ein lebhaftes Zittern wahrnehmen liess; das traf, wie berichtet wird, mit solcher Regelmässigkeit ein, dass Bernhard kurz vor jedem Stosse noch Zeit hatte, die Gesellschaft zu avisieren, und diese den Saal räumen konnte, bevor der eigentliche Hauptstoss eintraf. Es offenbarte sich auf diese Weise das feine Vibrieren des Bodens, welches nach allgemeiner Annahme der Hauptwelle vorauseilt. Durch diese Erscheinung erklärt sich wohl auch die wiederholte Angabe von dem plötzlichen Auffliegen von Vögeln, Scheuen von Pferden u. s. w. unmittelbar vor einem Erdbeben.

Die weite Ebene des nordkrainischen Diluvialbeckens wird unweit nördlich von Laibach durch zwei grössere, inselartig emporragende Hügelpartien unterbrochen. Die östliche von beiden

kulminiert im Uranschitza-Berge (641), die westliche im Gross-Kahlenberge (671), beide sind nahe auseinander gerückt, und der Gross-Kahlenberg ist bloss durch einen schmalen Kanal, welchen die Save durchfliesst, von den hauptsächlichsten aus paläozoischen und triassischen Gesteinen bestehenden Hügelketten nordwestlich von Laibach getrennt. — Der Südabhang des Gross-Kahlenberges besteht zu unterst aus Gailthaler Schiefer, darüber folgen Werfener Schiefer, und den grössten Teil des steilen Gehänges bilden Gutensteiner Dolomit und Hauptdolomit. Hier in dem felsigen Dolomitabhange kann man deutlich die Spuren des Bebens erkennen; viele grössere Blöcke sind ins Rollen geraten, und die frischen Bruchflächen der in Gruppen zerstreuten Trümmer zeigen, dass sie erst vor kurzem aneinander zerschellt sind. Auch an den von vielen Cleavageflächen mannigfach zerklüfteten kleinen Aufbrüchen längs des Weges kann man beobachten, dass das feinere Material losgebröckelt ist, und die Aufbrüche bieten einen frischeren Anblick dar, als man das sonst bei ähnlichen Vorkommnissen zu sehen gewohnt ist. Die Humusausfüllung etwas breiterer Klüfte ist stellenweise in Bewegung geraten und in kleinen, schwarzen Strömen auf den Weg geflossen. — Bei Ober-Pirnitsch, am Südwestfusse der dem Gross-Kahlenberge vorgelagerten Hügelgruppe, liegt ein mannshoher Dolomitblock auf der Strasse; in dem geneigten Grasboden oberhalb der Strasse hat derselbe mit jedem Sprunge eine tiefe Grube hinterlassen.

Vom Gross-Kahlenberge aus überblickt man die ganze Ebene bis an den rings umgebenden Saum von Bergketten. Man überblickt auch fast die ganze Reihe der schwer beschädigten Ortschaften. Im NNO liegt die hart getroffene Gemeinde Woditz, wo in 114 Häusern 80 Gewölbe eingestürzt sind, und 30 Häuser demoliert werden müssen. Im SSO, ungefähr in der gleichen Entfernung wie Woditz (ca. 9 *km*), liegt Laibach, dessen Schicksal bekannt ist. Im Süden zieht sich die Reihe hart mitgenommener Ortschaften, Schischka, St. Veit, Wischmarje, Tarzen u. s. w., von Laibach gegen den Fuss des Berges. Im NO liegt das halb zerstörte Schloss Flödnig. — Man muss staunen, wie wenig die Kirche und der Pfarrhof auf dem Berge selbst gelitten haben. Bis auf einige kleine Sprünge in den Decken ist fast nichts geschehen. Da ist z. B. die Kirche in dem entfernten Idria oder von Niederdorf bei Zirknitz viel schwerer beschädigt. — Der Gross-Kahlenberg ragt gleichsam als Insel relativ schwächerer Erschütterung aus der Ebene hervor. Auch in der Hügelgruppe des Uranschitza-Berges verhält es sich ähnlich, indem die Häusergruppen von Rasses, Podkot, Schenkenturm u. a. viel weniger gelitten haben als die Umgebung. Aber zwischen den beiden Bergen bilden die schwer beschädigten Ortschaften St. Martin, Skarnitsche und Repne gleichsam eine Brücke von dem Gebiete starker Erschütterung von Laibach zu dem der nördlichen Ebene.

Blickt man vom Gross-Kahlenberge aus gegen Norden, so sieht man hier, in der direkten Fortsetzung der Linie Laibach—St. Martin (NNW), die Ortschaften Winklern, Hielben und St. Georgen, welche ebenfalls sehr stark beschädigt sind, indem die Linie stärkster Erschütterung hier beiläufig die Mitte der Ebene einhält. Gegen Krainburg zu, welches Städtchen auf einer Konglomeratterrasse liegt, und das keinen nennenswerten Schaden zu verzeichnen hat, nimmt die Intensität augenscheinlich rasch ab; auch Stein am Rande des nordöstlichen Gebirges hat wenig gelitten, während die Ortschaften Mannsburg, Tersain, Domschale u. s. w. in der östlichen Ebene sehr hart mitgenommen wurden. — Mit einem Worte, es ist die aus Schotter bestehende Ebene, in welcher sich das Phänomen in seiner ganzen Heftigkeit zeigt, und welche als das pleistoseiste Gebiet bezeichnet werden muss.

Die allgemeine Angabe, dass in Laibach die Erschütterung, als von Süden kommend, vernommen wurde, scheint mir — unterstützt durch meine eigenen Beobachtungen — massgebend genug zur Annahme, dass der tektonische Vorgang, durch welchen das Beben hervorgerufen wurde, südlich von Laibach stattgefunden hat. Die gewaltige Erschütterung der diluvialen Ebene halte ich für eine lokale, stärkere Äusserung der Bewegung, hervorgerufen durch die Beschaffenheit des Untergrundes. Wie sich, wenn man eine Stelle einer Metallplatte mit Sand bestreut und den Rand der Platte mit einem Violinbogen streicht, die feine Schwingung der Platte im Sande in lebhafte Bewegung umsetzen wird, so mochte die Bewegungswelle des älteren Gesteins, eintretend in die beweglichen Schotter des Diluviums, dieselben zu relativ heftigerer Bewegung veranlasst haben. Auch die Fortpflanzungsrichtung der Bewegung in der Ebene mochte unter dem lokalen Einflusse bedeutend modifiziert worden sein, da sie von der gesamten Längserstreckung des Hauptschüttergebietes so sehr abweicht.

Die eigentliche »Stosslinie« (um den gebräuchlichen Ausdruck zu verwenden) und ihre tektonischen Beziehungen zu finden, wird die Aufgabe sein, welcher ich mich in der nächsten Zeit widmen werde. Bisher beschränkte ich mich hauptsächlich deshalb auf die Umgebung von Laibach, weil ich von der Überzeugung ausging, dass die am stärksten beschädigten Gebiete möglichst bald studiert werden müssen, solange noch die Spuren des Phänomens in möglichst vollkommener Deutlichkeit erhalten sind.

Zum Schlusse noch ein paar Worte über die oftmals auftauchenden Gerüchte von Veränderungen an der Erdoberfläche. Wenn etwas von Erdrissen in den Zeitungen steht, so stellen sich dieselben vielleicht als ganz unbedeutende Sprünge in der Strasse heraus, die infolge des Nachgebens einer Füllmauer entstanden sind. Oder man wird vielleicht an Ort und Stelle aufgeklärt, dass die Risse schon vor dem Erdbeben vorhanden waren. Was die Niveauänderungen der Berge betrifft, ist es mir auch schon vorgekommen,

dass die Leute an Ort und Stelle garnichts davon wussten, während die Zeitungen darüber berichteten. Am hartnäckigsten behauptet sich der Fall von dem Hügel zwischen Seebach und Gross-Kahlenberg. Er soll niedriger geworden sein, und die Bauern behaupten auf das bestimmteste, von ihren Häusern aus jetzt freieren Ausblick gegen jenen Berg zu haben als früher. Die Zeitungen behaupten, dass das bloss auf Ausholzungen auf dem Berge zurückzuführen sei. Die Bauern leugnen das aber auf das bestimmteste, und ich konnte auch an Ort und Stelle konstatieren, dass die Ausholzungen schon vor mehreren Jahren stattgefunden haben. Für mich ist aber am massgebendsten, dass auf dem relativ ca. 80 *m* hohen Hügel, der 4 — 8 *m* niedriger geworden sein soll, nicht die geringste Spur einer Veränderung wahrzunehmen ist. Deshalb glaube ich auch, dass die Sache mehr als ein Kapitel zur menschlichen Psychologie, als ein Kapitel der Gebirgstektonik zu betrachten ist.«

Die beiden grossen Erdbeben in Lokris im April 1894. Die furchtbare Katastrophe, welche am 20. April 1894 das fruchtbare Lokris im Nordosten von Mittelgriechenland verheerte, und dem am 27. April ein noch stärkeres Beben folgte, welches in seinen letzten leisen Wellen bis nach Wilhelmshaven, Nordengland und Russland sich ausbreitete, ist bereits von Prof. Mitzopulos geschildert worden. Unabhängig von ihm hat auch Dr. Theodor G. Skuphos diese Erdbeben untersucht, und sein Bericht über dieselben ist nunmehr auch in deutscher Sprache erschienen [1]). Derselbe bringt eine Fülle von gut beobachteten Thatsachen, und ebenso sind die Schlüsse, welche der als vortrefflicher Geologe bekannte Beobachter daraus zieht, von grosser Bedeutung.

Was das erste Erdbeben (am 20. April 1894) anbelangt, welches die Zerstörung von Atalanti zur Folge hatte, so war Dr. Skuphos fünf Tage später in diesem unglücklichen Orte. Seinen Bemühungen ist es zu danken, dass die Einwohner nicht in die Trümmer ihrer Wohnungen zurückkehrten, und dadurch Verluste von Menschenleben am 27. April verhütet wurden. Das Epizentrum des Bebens vom 20. April lag nach Dr. Skuphos höchstwahrscheinlich im Euböischen Meere zwischen dem Kandiliberge und der Halbinsel Aëtolyma, dicht an den Bruchzonen, die entlang der Küste der letzteren laufen. Skuphos unterscheidet je nach dem Grade der Zerstörung vier seismische Zonen dieses Erdbebens. »Sie bilden vier einander umfassende Ellipsen, deren grössere Axe von Südosten nach Nordwesten streicht und mit der Richtung des Euböischen Meeres zusammentrifft, d. h. das Erdbeben ist entlang den alten Bruchzonen, welche die Bildung des Euböischen Golfes hervorgebracht haben, besonders thätig gewesen. Die Axe der ersten seismischen Zone hat ungefähr eine Länge von 33 *km*, die

[1]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin **29.** Nr. 6.

der zweiten eine solche von 55, die der dritten von 105 und endlich die der vierten nach den vorhandenen Mitteilungen die Länge von fast ganz Griechenland, d. h. von Trikkala und noch etwas nördlicher bis zu den Kykladen, und zwar bis nach der Insel Jos. Es ist hier auch gleich zu bemerken, dass sich die stärkeren Wirkungen auf dieser Axe mehr in der Richtung nach Nordwesten als nach Südosten gezeigt haben. Die Richtung der grossen seismischen Axe der Ellipse wird von der der kleinen seismischen Axe durchkreuzt, deren Richtung infolgedessen von Nordosten nach Südwesten verläuft. In der Richtung der kleinen Axe war auch die Einwirkung des Erdbebens bedeutend schwächer. Die Länge dieser kleinen Axe für die erste seismische Zone war 14, für die zweite 30, für die dritte 68 *km* und endlich für die vierte die ganze Breite von Griechenland, d. h. wahrscheinlich von Zante bis nach der Insel Skyros. Auf dieser kleinen seismischen Axe der Ellipse war die Intensität der Einwirkung des Erdbebens im Südwesten stärker als im Nordosten, wie die vorher erwähnten Beobachtungen auf der Insel Euböa beweisen; daher liegen auch die nordöstlichen Bögen der Ellipsen im Euböischen Kanale sehr nahe der Küste von Lokris und zeigen auf dieser Seite eine Abflachung.«

Das zweite Erdbeben (am 27. April) traf den Beobachter in einem Orte südlich von Atalanti. Der Hauptstoss erfolgte $9^h 21^m$ abends, und er wurde von furchtbarem unterirdischen Getöse begleitet. Dr. Skuphos schreibt: »Von der Gewalt dieser Erschütterung lässt sich nicht leicht eine Beschreibung geben, da man keine richtigen und passenden Ausdrücke dafür finden kann, und nur diejenigen, welche es erlebt haben, sich der Erscheinungen wohl erinnern, aber sie nicht in Worten wiedergeben können.

Die von unten nach oben stossende Kraft war eine solche, dass die anwesenden zwei Offiziere und ich, obwohl wir uns auf dem Erdboden fest aneinander hielten, nicht auf dem Boden blieben, sondern uns auf und ab bewegten, wie Gummibälle, welche die Kinder springen lassen. Die letzte nach unten gehende Bewegung war derart, dass alle Leute ein Gefühl hatten, wie wenn sie mit einem Aufzug von einem hochgelegenen Punkte durch verschiedene Luftschichten allmählich zum Horizonte hinabstiegen. Dasselbe Gefühl hatte auch der Bürgermeister und sämtliche Offiziere und andere gebildete Leute in Atalanti.

Nach einigen Sekunden folgten undulatorische Erderschütterungen von Osten nach Westen, welche mit grosser Gewalt eine ganze halbe Stunde mit Unterbrechungen anhielten. Jeder Stoss dauerte fünf bis acht Sekunden. Die bei diesem Erdbeben gebildeten seïsmischen Wogen des Bodens waren auch mit blossen Augen bemerkbar. Gehen oder Stehen war auf dem Erdboden unmöglich, weil die Höhe der Wogen derartig war, dass bald der eine und bald der andere Fuss auf der Höhe der Wogen war, und so plötzlich und schnell fand dieses unwillkürliche wechselweise Niedergehen der

Füsse statt, dass man hätte glauben können, die Leute tanzten »pas des quatre«.

Der durch diese schreckliche, angsterregende, wellenförmige Bewegung des Bodens hervorgerufene Zustand wurde noch mehr verstärkt durch das unaufhörliche, wie von Tausenden von Kanonen erzeugte furchtbare unterirdische Getöse.

13 Minuten ungefähr blieb darauf der Boden in Ruhe, bis uns um 10^h ein neues, nicht minder schreckliches unterirdisches Getöse von unseren Plätzen aufschreckte, da demselben gleichzeitig auch eine sehr starke von Osten herkommende undulatorische Erschütterung von neun Sekunden Dauer folgte. Alle, die in dem Zelte waren, wurden von neuem in Angst versetzt und machten sich auf eine grössere Katastrophe gefasst. Die Flucht in die Gebirge, welche einige vorgeschlagen, ist in so schrecklicher Stunde sehr gefahrvoll wegen der Abrutschungen von Felsen und der Bildung von Rissen u. s. w.«

Bei diesen Erdbeben wurden Überschwemmungen durch Meereswogen beobachtet. Zunächst in dem Orte Halmyra. Während man noch das unterirdische Getöse hörte, das dem gleich nachfolgenden Erdbeben voranging, befand sich das Meer in grosser Bewegung nach dem Lande zu; bei seinem Zurücktreten wurde ein dumpfer Ton gehört, dann kehrte es plötzlich wieder auf das Festland zurück, den Boden und die Landstrasse bedeckend. Diese Erdbebenwoge hat auf der Landstrasse eine Menge von kleinen Fischen und anderen Tieren, sowie Pflanzen des Meeres zurückgelassen.

Die zweite Stelle, wo die Erdbebenwoge beobachtet wurde, war die Rhede von Atalanti. »Hier haben glücklicherweise die Bewohner dieser Meereserscheinung nur als Zuschauer von fern beigewohnt. Das Meer schien auch hier während des Erdbebens sehr erregt, trat plötzlich zurück und schnellte mit schrecklichem Getöse in einer Woge auf das Land. Die auf der Küste seit 24 Stunden für die unglücklichen Einwohner von Lokris ausgeladenen 2000 Brote wurden beim Zurücktreten der Woge verschlungen, ebenso wurde ein Kahn, welcher dort irgendwo auf die Küste gezogen war, mit erfasst und in einer Entfernung von 30 *m* von der Küste umgeschlagen.

Hier ist das Küstenland nur in geringer Tiefe und in sehr geringer Breite vom Meerwasser überschwemmt, jedoch ist ein grosser Teil des nach Südosten geneigten Hafendammes vollständig im Wasser verschwunden.

Dann ist über eine dritte Beobachtung der Erdbebenwoge berichtet, welche das malerische Küstenland von Hagios Konstantinos heimgesucht hat. Hier ist das Meer in jener schrecklichen Nacht des Charfreitag mit furchtbarem Getöse 50 *m* von der Küste zurückgetreten und dann plötzlich hochgestiegen, um als Erdbebenwoge wieder zurück auf das Land zu fluten und die Küste mit den darauf stehenden Häusern zu überschwemmen. Der Zollbeamte in

Hagios Konstantinos befand sich zu dieser Zeit auf der Strasse neben einer Ölmühle, wo ihm infolge der Woge das Meereswasser bis ans Knie reichte, während ein Kahnführer, der seinen Kahn zum Abfahren vorbereitete, plötzlich mit seinem Kahne durch die grosse Gewalt der Woge ziemlich weit landeinwärts geworfen wurde.

Hier zeigten sich entlang der Küste viele parallele Spalten, deren eine (350 *m* lang) eine Landstrecke von mehr als drei Stremmata (Morgen) von dem übrigen Lande abgetrennt hat, welche mit den darauf befindlichen Olivenbäumen, Gebüschen und niedrigeren Pflanzen im Meere versank. Eine zweite, der ersten parallele Spalte hat eine Insel von 42 *m* Länge und 55 *m* Breite gebildet, welche durch eine Meerenge von $3^1/_2$ *m* von dem Festlande getrennt ist.

Ein ähnlicher Vorgang wie in Hagios Konstantinos scheint gegenüber an der Küste von Achladion nach den telegraphischen Berichten des Prof. Dr. Mitzopulos stattgefunden zu haben.

Ferner sind am Kap Logga während des Erdbebens vom Charfreitag durch Spalten, die von Südosten nach Nordwesten streichen, parallel zu der dortigen Küste grosse Teile des vom Loggaflusse angeschwemmten Kaps im Meere verschwunden. Die versunkene Landstrecke beträgt etwa fünf bis sechs Stremmata.«

Auf die Gewässer der heimgesuchten Gegenden hat das Erdbeben am 27. April erheblich eingewirkt, manche Quellen blieben eine Zeitlang aus, andere veränderten ihren Wasserreichtum.

Das Erdbeben vom 20. April hat nur wenige und unbedeutende Risse und Spalten im Boden hervorgerufen, um so bedeutendere dagegen das Beben am 27. April. Dr. Skuphos sagt hierüber: »Weitaus die bedeutendste Spalte ist die, welche dem Euböischen Golfe entlang in einer Länge von 55 bis 60 *km* parallel der Küste verläuft. Diese Spalte fängt im Südosten am Kap Gatza in der Bucht von Skroponeri an und endet im Nordwesten in der Anschwemmungsebene, die zwischen Hagios Konstantinos und Molos sich ausbreitet. In ihrem Verlaufe durchschneidet diese Spalte von unten nach oben folgende Formationen: Dolomite, Kalke und Schiefer der Kreideformation; Mergel, Konglomerate und Sandsteine der Neogenformation; Anschwemmungen des Alluviums und ferner Serpentine und andere Eruptivgesteine. Die Kreidekalke hat diese Spalte einmal am Skroponeri- und Pasariberge mit sehr kleiner Sprunghöhe, dann aber bei Halmyra auf eine Entfernung von mehr als 200 *m* mit einem Niveauunterschiede von 30 *cm* durchschnitten. Auch weiter nordwestlich sind Kreidekalke von der Spalte durchschnitten, aber mit sehr kleinem Niveauunterschiede und auf geringe Entfernung. Dagegen sind die Neogenschichten auf grosse Entfernung und mit grossen Sprunghöhen durchschnitten, und dies ist noch mehr in den Anschwemmungen der Fall.

Der geographische Verlauf der Spalte von Südost nach Nordwest ist folgender: Sie fängt am Kap Gatza an, durchschneidet die

südwestlichen Abhänge des Skroponeriberges, die entsprechenden Abhänge des Pasariberges; von dort weiter nach Südosten gelangt sie zu dem einzigen Brunnen des Dorfes Martino, welcher nordöstlich vom Dorfe in der alten, kesselartig eingesenkten Hochebene liegt, steigt nachher zu der Strasse hinauf, die von Martino nach Proskyna führt und schneidet dieselbe in einer Entfernung von fünf Minuten nordwestlich vom Dorfe Martino, geht an der Ortschaft Chiliadu vorbei, wo die alte Stadt Korseia gelegen haben soll, schneidet die nordöstlichen Abhänge des Chlomosgebirges $^1/_2$ Stunde vom Dorfe Proskyna entfernt, zieht sich dann entlang der Ebene von Atalanti, durchschneidet die Ortschaft Halmyra und mit einer mehr westlichen Biegung die breite Ebene von Atalanti dicht an den Abhängen des Chlomosgebirges und oberhalb der Stadt Atalanti, welche sie einschliesst, worauf sie die nordöstlichen Abhänge des Rhodaberges schneidet. Von hier ab macht die Spalte eine Biegung nach Nordwesten, geht zwischen den Orten Kalamaki und Arkudari hindurch, schneidet die Nordostabhänge des Epiknemisberges, passiert südwestlich von Hagios Konstantinos, bildet dort mehrere mehr oder weniger kleine Risse und verschwindet in der Ebene, die sich jenseits von Hagios Konstantinos ausdehnt, in der Nähe dieses Ortes und von Thronion.

Ausser dieser Spalte, welche also einen langen und breiten Landstrich von Mittelgriechenland abgetrennt hat, sind noch andere Spalten entstanden. Zunächst diejenige, welche bei Mulkia beginnt, einem Orte gegenüber der südlichen Spitze der Insel Atalanti, die Ebene von Atalanti von Nordosten nach Südwesten quer durchschneidet und mit der grossen Spalte am südöstlichen Ende des Rhodaberges zusammentrifft. Diese Spalte hat eine Länge von ungefähr 7 *km* und hat nordwestlich eine 30 bis 50 *cm* tiefe Einsenkung der Ebene von Atalanti hervorgerufen. Ferner hat sie die Strasse, die von Atalanti nach Proskyna führt, durch strahlenförmige und sich vielfach kreuzende Risse so verworfen und auseinander gesprengt, dass man sie zu Wagen gar nicht mehr und selbst zu Pferde nur mit grosser Vorsicht passieren kann. Der Abstand der Ränder ist gewöhnlich 15 bis 20 *cm*, verringert sich aber ab und zu bis auf 5 *cm* und steigt auch bis 25 *cm*.

Eine andere Spalte befindet sich in der Stadt Atalanti selbst. Diese Spalte zweigt sich ein wenig ausserhalb der Stadt in der Ebene von Atalanti in südöstlicher Richtung von der grossen Spalte ab, schneidet das südöstliche Stadtviertel und läuft am Brunnen von Pasari wieder in die grosse Spalte aus, so dass ein elliptischer Landstrich von ungefähr 800 *m* Länge und 300 *m* Breite eingeschlossen wird. Dieser eingeschlossene Landstrich zeigt eine Niveauveränderung von 1 bis $1^1/_2$ *m* Tiefe.

Eine andere, ebenfalls einen elliptischen Landstrich umschliessende Spalte hat sich südwestlich von der Ortschaft Kyparissi gebildet. Der von dieser Spalte umschlossene Tertiärhügel hat die

Richtung von Südosten nach Nordwesten, eine Länge von über 2 *km* und eine Breite von ungefähr 800 *m*. Die Spalte kann man auch als eine Gabelung der grossen Spalte betrachten, da die grosse Axe der Ellipse in die Richtung der grossen Spalte fällt. Die durch die Einsenkung dieser Scholle hervorgebrachte Niveauveränderung beträgt 35 bis 40 *cm*. Die Kluft hat eine Breite von 25 bis 45 *cm*.

Ferner ist von einer Spalte bei dem Dorfe Skènderaga zu berichten, welche ebenfalls einen länglichen Landstrich tief eingesenkt hat. Die Länge desselben ist etwa 500 *m* und die Breite 35 bis 45 *m*. Die Einsenkung ist 15 bis 20 *m* tief und hat den Lauf eines Giessbaches unterbrochen, der jetzt einen kleinen See bildet.

Ebenso fand ich bei den Dörfern Livanataes und Arkitsa Risse von 100 bis 150 *m* Länge mit der Richtung von Südosten nach Nordwesten. Aber viel bedeutender sind die zahlreichen und der Küste zwischen dem Kap Knemidos und Logga parallelen Spalten, welche auch der grossen Spalte parallel sind; ihre Länge beträgt 5 bis 7 *km*. Von besonderem Interesse aber ist die Spalte, welche einen Landstrich von 3 bis 4 □ Stremmata (Morgen) bei Hagios Konstantinos und ebensoviel am Kap Logga in das Euböische Meer versenkt hat. Ferner hat noch eine zweite Spalte parallel zu dieser, wie schon oben erwähnt, eine Insel von 42 *m* Länge und 15 *m* Breite durch eine Meerenge von $3^1/_2$ *m* von dem Lande abgetrennt.«

Was die grosse Spalte, der er den Namen »der Lokrische Bruch« giebt, anbelangt, so beschreibt Dr. Skuphos dieselbe wie folgt: »Der Lokrische Bruch, welcher die Abtrennung einer grossen Scholle hervorgerufen, hat nicht überall auf seiner Ausdehnung dieselbe Absenkung hervorgebracht, sondern diese ist dort, wo die Schichten aus sehr dichtem und festem Gesteine bestehen, selbstverständlich geringer; die Veränderungen aber, die er gerade dort angerichtet hat, sind sehr bedeutend, da dort Einstürze von Höhlen, Abtrennungen von Felsen veranlasst wurden. In den Schichten der lockeren Neogenformation und in den Alluvionen ist die Absenkung bedeutend grösser, aber ohne Lärm vor sich gegangen und hat nicht solche Zerstörungen hervorgerufen, wie z. B. entlang der Ebene von Atalanti von der Ortschaft Chiliadu bis zu der Strasse nach Levadia und noch weiter jenseits derselben.

Die grösste Sprunghöhe der Spalte beträgt ungefähr 2 *m*, gewöhnlich aber etwas mehr als 1 *m*, mit Ausnahme des Kreidekalkes, wo sie gewöhnlich 30 *cm* beträgt, manchmal auch nur 5 bis 6 *cm* oder noch weniger.

Die Entfernung der Ränder der Spalte voneinander erreicht 4 *m*, meistens aber ist sie weniger als $1^1/_2$ *m*, manchmal nur 25 *cm* oder auch nur 5 bis 6 *cm*, wie in den Gesteinen der Kreideformation.

Über die sichtbare Tiefe der Spalte kann man nicht mit Sicherheit sprechen; es scheint aber, dass sie an einigen Stellen, wenn man die hineingestürzte Erde abrechnet, 15 bis 20 *m* tief ist, meistens aber reicht die sichtbare Tiefe nicht weiter als bis $2^1/_2$ *m*, manchmal wird sie noch bedeutend seichter, wie in den Kalken der Kreideformation. Trotz der geringen sichtbaren Tiefe ist es unmöglich, dass eine Spalte, welche eine solche ungeheure Ausdehnung besitzt, nur oberflächlich sein sollte, sondern sie muss noch weiter in die Erdkruste hineinreichen. Wie tief sie aber eindringt, ist mit Sicherheit zu bestimmen sehr schwer; mit Gewissheit aber kann man sagen, dass ihre Tiefe nicht weniger als 71 *m* in der Mitte ihrer Länge betragen kann, welche bei der Stadt Atalanti zu suchen ist. Diese Tiefe habe ich selbst berechnet, geleitet durch den Gedanken, dass eine Spalte mit der Länge eines Erdbogens von 60 *km*, wie die Lokrische Spalte von Skroponeria bis Molos sie ungefähr hat, sicher von der Oberfläche in der Erdkruste wenigstens bis an die Sehne dieses Erdbogens hinabreichen muss. Die Entfernung der Sehne in ihrer Mitte bis zum Bogen habe ich als 71 *m* gefunden.

Ausser der sichtbaren Einsenkung der Lokrischen Scholle aber, d. h. der senkrechten Dislokation, hat auch eine horizontale Verschiebung stattgefunden, wie man leicht bemerken kann, wenn man die in die Spalte gestürzten Erdklösse betrachtet. Sämtliche haben Risse bekommen, welche nicht senkrecht zur Spalte stehen, sondern unter einem Winkel; also sind auch die Erdklösse in der Richtung des Schenkels dieses Winkels gedreht worden. Eine solche Drehung kann nicht zufällig sein, sondern muss durch die Verschiebung der Lokrischen Scholle entstanden sein, sonst müssten alle die Richtung von Südwesten bis Nordosten haben, während sie jetzt die Richtung von Südsüdwesten bis Nordnordosten besitzen. Ferner ist auch z. B. das trockene Bett eines Wasserlaufes, der vor der Bildung der grossen Spalte die Richtung der Spalte senkrecht schnitt, jetzt in seiner Richtung unterbrochen, indem der auf der abgetrennten Scholle liegende Teil nach Nordwest verschoben ist. Diese zwei Beobachtungen genügen vollständig, um zu zeigen, dass wirklich eine Verschiebung stattgefunden hat, und zwar von Südosten nach Nordwesten.

Prof. Dr. Mitzopulos ist der Ansicht, dass die Lokrische Scholle, die von der Spalte abgetrennt wurde, nicht eine Einsenkung infolge einer tektonischen Verwerfung darstellt, sondern eine einfache Abrutschung nach Nordosten zu, d. h. dass der ganze Vorgang eine Oberflächenerscheinung ist. Gegen diese Ansicht, welche ich vielleicht annehmen könnte, wenn die Spalte sich nur auf einen Teil der Ebene von Atalanti beschränkte, habe ich folgendes zu sagen.

1. Die ungeheure Länge der ungefähr 60 *km* langen Lokrischen Spalte lässt es so gut wie unmöglich erscheinen, dass ein Teil des Bodens in einer solchen Ausdehnung abrutschen könne, nicht einmal

senkrecht zu einer Längsausdehnung, während wir schon in den oben erwähnten Beobachtungen nachgewiesen haben, dass auch eine Verschiebung nach Nordwesten stattgefunden hat, d. h. nach der Richtung des Erdbebens selbst und nicht senkrecht zu seiner Richtung.

2. Das Einfallen der verschiedenen Schichten der Lokrischen Scholle der Spalte entlang. Wenn nämlich eine Abrutschung stattgefunden hätte, so müssen vor allen Dingen die tektonischen Verhältnisse es gestatten, d. h. der zur Abrutschung bestimmte Teil muss in der ganzen Länge seiner sämtlichen Schichten dasselbe Einfallen haben und im Sinne der Richtung der Abrutschung, und wenn auch irgendwo eine Schichtenordnung mit anderem Einfallen vorkäme, so müsste sie so unbedeutend sein, dass die allgemeine Abrutschung sie einfach mitschleppen könnte. Hier aber liegt nicht nur keiner der obigen Fälle vor, sondern die Schichten fallen nach der der Abrutschung entgegengesetzten Richtung ein, und zwar sind die Eruptivgesteine des Berges Rhoda ungeschichtet; sie zeigen nur eine Bankabsonderung und zufälligerweise auch diese nach Südwesten. Ferner sind dann die Schichten der Tertiärformation, d. h. die Sandsteine, Mergel, Kalkmergel, Konglomerate, welche sich nordwestlich von dem Berge Rhoda verbreiten, nämlich bis nach Livanataes und weiter, horizontal, oder sie haben ein südliches oder südwestliches Einfallen, während gleichzeitig, und das ist auch das Wichtigste, sämtliche Kreideschichten mit den darauf liegenden tertiären Gebilden in der ganzen Länge der Spalte von Nordwesten bis Südosten streichen und südwestlich 10 bis 35° einfallen, d. h. nach der der vermutlichen Abrutschung entgegengesetzten Richtung.

3. Die ungleichartige petrographische und geologische Zusammensetzung der Scholle. Wie ich schon oben gezeigt habe, und wie man auch sehr deutlich auf der geologischen Karte der heimgesuchten Gegenden sehen kann, ist es sehr schwer zu begreifen, dass so ungleichartige Schichten von so verschiedenartiger tektonischer Stellung eine gemeinsame Abrutschung erfahren haben und noch dazu in solcher Ausdehnung.

4. Die Breite dieser Landstriche (10 bis 12 *km*) ist eine solche, und die durch die Abrutschung hervorgerufene Reibung würde auf einer so grossen Fläche so bedeutend sein, dass von Anfang an die Abrutschung vereitelt würde.

5. Wenn eine solche Abrutschung nach Südwesten stattgefunden hätte, d. h. nach dem Kopaissee und der Ebene von Theben, Levadia u. s. w. zu, so könnte ich mir das vielleicht vorstellen, weil viele Vorbedingungen dafür sprechen würden, aber doch auch wieder nicht leicht zugeben. Wir haben es hier aber mit der vermutlichen Abrutschung nach Nordosten zu thun, gegen deren Möglichkeit ja alle Vorbedingungen sprechen.

Aus allem diesem ersieht man also, dass die Lokrische Spalte eine Verwerfung ist, die nicht eine Abrutschung nach Nordosten, sondern eine Einsenkung, d. h. senkrechte Dislokation hervorgebracht

hat, mit welcher gleichzeitig eine horizontale Verschiebung nach Nordwesten, also in der Richtung des Erdbebenstosses verbunden war.

Eine seismogene Spalte also, und zwar durch ein tektonisches Beben hervorgebracht, deren Länge wenigstens 55 bis 60 *km*, deren sichtbare Tiefe, nach Abrechnung der hineingefallenen Erde 15 bis 20 *m* beträgt, deren geringste Tiefe ich als Höhe des Erdbogens von 60 *km* zu seiner Sehne auf 71 *m* berechnet habe, bei welcher der durch sie abgetrennte Landstrich eine sichtbare Einsenkung bis zu 2 *m* und gleichzeitig eine Verschiebung von einigen Zentimetern nach Nordosten erfahren hat, welche, um die Richtung von Nordosten nach Südwesten beizubehalten, d. h. eine Richtung, welche den Bruchzonen des Euböischen Golfes, den Einsenkungen des Kopaissees, der Ebene von Levadia, des Thales des Melasflusses u. s. w., auch der Bruchzone des Korinthischen Golfes parallel ist, weder die Kreidekalke, noch die harten Eruptivgesteine des Berges Rhoda u. s. w. verschont hat — eine solche Spalte kann man nicht als einen einfachen Riss in den Oberflächengebilden auffassen, sondern man muss sie als Dislokationsverwerfung ansehen, welche eine senkrechte und gleichzeitig horizontale Niveauveränderung hervorgebracht hat.

Ich gehe noch weiter und betrachte alle diese seismischen Spalten, z. B. in der Ebene von Atalanti, von Skenderugu, an der Küste von Hagios Konstantinos und Loggos einerseits und der gegenüberliegenden Küste von Achladion u. s. w. anderseits, wie auch alle Spalten, welche Veränderungen der Tektonik und der senkrechten und horizontalen Gliederung jener Gegend verursacht haben, als einfache Dislokationsspalten. Wenn wir annehmen möchten, dass die Lokrische Spalte eine weitere Entwickelung erfahren würde, indem sie eine noch grössere Erweiterung des Euböischen Golfes hervorriefe, entweder durch weitere Abtrennung und Einsenkung der Lokrischen Scholle, deren höher gelegene Punkte dann als Inseln sichtbar bleiben würden — dann würde selbstverständlich niemand auftreten, der nicht der Ansicht wäre, dass wirklich eine tektonische Erscheinung stattgefunden habe, und zwar von grosser Bedeutung. Aber was ist denn anderes bei den kleinen Spalten eingetreten, als bei den grossen Spalten, nämlich kesselartige Einsenkungen und infolge davon Bildung eines Sees, Einsenkungen und Bildung einer Insel mit Versenkung von Erdteilen in die Meereswogen u. s. w. Und bei den grossen Erscheinungen wird niemand dagegen sprechen, dass sie tektonischen Ursprungs sind, während die anderen Spalten so erklärt werden, dass sie der Einwirkung ihres eigenen Gewichts einfach nachgegeben und ins Meer versenkt sind. Aber wie steht es denn mit dem Meeresgrunde, welcher überall tiefer geworden ist?

Die Ursache für solche Erklärungen liegt darin, dass man in der Geologie bis jetzt gewöhnt ist, Dislokationsspalten nur in früheren Erdepochen zu beobachten, während man für alles, was sich heutzutage vor unseren Augen entwickelt, auf möglichst einfache Weise

die Erklärung zu geben versucht, was meiner Meinung nach nicht immer das Richtige ist.

Auf dem Isthmus von Korinth z. B., den man als durch eine relative Hebung gebildet zu betrachten gewohnt ist, giebt es eine ganze Anzahl Verwerfungen, und zwar in sehr kleinem Massstabe; trotzdem hält kein Geologe sie für etwas anderes, da sie zur Veränderung der Tektonik und der senkrechten und horizontalen Zerstückelung beigetragen haben, und das geschieht, weil diese Erscheinungen in früheren geologischen Zeiten stattgefunden haben.

Es ist ferner von Prof. Dr. Mitzopulos und Dr. Papavasiliu gesagt worden, dass nur in sehr ferner Zukunft, nach Myriaden von Jahrhunderten, die wissenschaftlich unbestimmbar seien, die Abtrennung der Scholle eine Einsenkung hervorrufen und dadurch eine Überschwemmung und eine Erweiterung des Euböischen Golfes herbeiführen oder eine Insel bilden könne, oder, wie sie noch anders sich ausgedrückt haben, nur nach Verlauf von Millionen von Jahren, und zwar nach und nach, würde das Versinken des abgetrennten Teils statthaben können.

Man kann gegen alles dieses nichts anderes sagen, als dass die Zeit der Entwickelung irgend einer geologischen Erscheinung, deren Grund uns nur theoretisch bekannt ist, nicht bestimmt werden kann. Die Verwirklichung einer Erscheinung, welche einmal in ihren Anfängen zu Tage getreten ist, kann in jeder Zeit stattfinden. Seit ihrem Auftreten jedoch droht immer die Gefahr der Verwirklichung, wie bei einem zum Fallen geneigten Hause immer die Gefahr des Einsturzes droht, und doch der Baumeister nicht im stande ist, die Zeit des Einsturzes zu bestimmen, obwohl er dort alles in kleinen Verhältnissen vor Augen hat und genau prüfen kann. Um zu zeigen, wie unhaltbar eine Bestimmung der Zeit ist, in welcher die Verwirklichung einer Erscheinung statthaben kann oder muss, könnte ich zum Beispiel ja auch eine Frist in folgender Weise bestimmen: Wenn jährlich ein Erdbeben wie das vom Charfreitage stattfindet, und wenn bei jedem solchen Erdbeben eine Einsenkung des Bodens wie am 27. April, d. h. von 2 *m*, erfolgt, so würde nach Verlauf von 90 Jahren oberhalb von Atalanti der höchste Punkt der Lokrischen Spalte, der jetzt 180 *m* Höhe über dem Meeresspiegel hat, Meeresgrund bilden.

Daher glaube ich, dass die Anfänge der Erscheinungen, welche durch das Erdbeben vom Charfreitage zu Tage getreten sind, eine weitere Entwickelung und Ausführung zu jeder Zeit und nicht nur in weit entlegener Zukunft erfahren können.«

Was die Tiefe des seismischen Zentrums anbelangt, so versuchte Dr. Skuphos, dieselbe nach der Mallet'schen Methode zu bestimmen. Er findet für das erste Erdbeben etwa 7000, für das zweite 11000 *m*, doch sind diese Werte, schon weil die ganze Methode fehlerhaft ist, sehr unsicher. »Als Ursache dieser Erdbeben,« sagt Dr. Skuphos, »sind weder eine vulkanische Kraft,

noch das Auftreten der warmen Quellen, sowohl auf Euböa als auch in Mittelgriechenland, noch irgend ein unterirdischer Einsturz zu betrachten, sondern tektonische Vorgänge in der festen Erdrinde, welche in diesem Falle die weitere Ausbildung des Euböischen Golfes durch die Zunahme der Euböischen Bruchzonen, und zwar derjenigen in Mittelgriechenland entlang der Küste des Euböischen Golfes, zum Hauptziele haben, was hauptsächlich und sehr auffallend durch das Erdbeben vom Charfreitage und durch die Entstehung der Lokrischen Spalte und die nachfolgenden Erscheinungen zum Ausdrucke gekommen ist.

Darum habe ich auch im Interesse der Wissenschaft unserer Regierung empfohlen, sie möge neue Tiefseemessungen durch Marineoffiziere im Euböischen Golfe von der Meerenge des Euripus bis zur Meerenge von Oreon und weiter vornehmen lassen, weil sämtliche Geologen und Chemiker, die an Ort und Stelle gewesen sind, an verschiedenen Punkten Einsenkungen des Euböischen Meeresgrundes in ihren Berichten erwähnt haben. Ferner habe ich aus privaten Mitteilungen erfahren, dass sich unterseeische Spalten am Strande von Rhoviaes gebildet haben. Ich selbst habe solche kleine Spalten auf dem Meeresgrunde am Strande von Halmyra senkrecht zu dessen Richtung beobachtet.

Natürlich brauchen diese Niveauunterschiede nicht sehr gross zu sein, denn zur Bildung einer auch nur etwas starken Erderschütterung genügt auch eine kaum messbare Niveauveränderung. Deshalb habe ich geraten, die Seeoffiziere möchten auch auf kleine Niveauveränderungen aufmerksam sein, welche, wenn auch nicht für die Seeleute, so doch wenigstens für wissenschaftliche Zwecke von Wichtigkeit sind.«

Die Zerstörungen, welche das Erdbeben anrichtete, sind sehr beträchtlich; es wurden wenigstens 69 Städte und Dörfer heimgesucht, und darin stürzten 3783 Häuser zusammen. Dr. Skuphos giebt die Zahl der Toten auf 255, die der Verwundeten auf 146 unter 50000 überhaupt dort lebenden Bewohnern an. Zu der allgemeinen Zerstörung der Häuser hat nach seinen Ausführungen ausser der Intensität des Erdbebens und der lockeren Zusammensetzung des Bodens jedenfalls die Bauart sowie das Material, aus dem man die Häuser hergestellt hat, sehr viel beigetragen. Die aus Steinen gebauten Häuser haben als Material mehr oder weniger abgerundete Steine, die entweder aus den Flüssen genommen oder in den Steinbrüchen schlecht und dazu in nicht genügender Grösse gebrochen worden sind, als Bindungsmittel meistens einfachen oder schwach mit Kalk gemischten Lehm.

In manchen Orten sind nicht nur die Häuser völlig zerstört, sondern auch der Erdboden ist so verändert, dass die Auswanderung aus diesen Orten sich von selbst versteht. Neuansiedelungen sollten nach Dr. Skuphos nicht auf den alten Verwerfungen errichtet werden, ebenso soll man nicht an der Flachküste und nicht an

neugebildeten Spalten unterhalb der überhängenden steilen Berge bauen. Dass die geologische Beschaffenheit des Bodens auffallend gegen die zerstörende Gewalt der Erdbeben wirkt, dafür giebt die Verschonung der Stadt Levadia und des Dorfes Exarchos auf dem Abhange des Chlomosberges, von Karditza auf der Strasse von Larymna nach Theben, des Dorfes Beli auf dem Abhange des Akontionberges, der Kirche des Hagios Nikolaos auf der gleichnamigen Insel und des Hauses auf der neugebildeten Insel Gaïdarion, sowie auch der Stadt Athen im Verhältnisse zum Phalerus und Peiräus den trefflichsten Beweis.

Das Erdbeben zu Konstantinopel am 10. Juli 1894 ist von D. Eginitis untersucht worden[1]). Es fanden 12^h 24^m drei kurz nacheinander auftretende Stösse statt, die von starkem Geräusche begleitet waren. Am heftigsten war die Erschütterung auf der Prinzeninsel, in Konstantinopel haben einige Steinhäuser mehr oder weniger gelitten, dagegen die hölzernen Häuser fast gar nicht. Einige Beobachtungen deuten, nach dem Verf., auf das Ausströmen von heissen Gasen. Die (wenig zuverlässige) Bestimmung der Tiefe des Herdes der Erscheinung führt auf 34 *km.*

Das Erdbeben vom 27. Oktober 1894 in Argentinien[2]). Der Direktor der nationalen Lehranstalt für Bergbau in San Juan, Ingenieur Leop. Gómez de Teran, schickte die beiden als Professoren an diesem Institute wirkenden Ingenieure Angel Canton und Leop. Caputo behufs Studiums der Spuren des Erdbebens vom 27. Oktober in die Departements Albardon und beide Angaco-Bezirke. Über die Resultate ihrer in Begleitung von drei Studierenden der Anstalt vom 30. Oktober bis 10. November vorgenommenen Untersuchungen haben die beiden Herren einen Bericht erstattet, aus welchem folgendes ein Auszug ist.

»Unsere Forschungen begannen im Bezirke Albardon, nachdem wir das Städtchen durchquert hatten und bei der Mühle von Juan Videla angekommen waren, wo sich ein Erdriss zu zeigen anfing, welcher eine Breite von ungefähr 20 *cm* und eine Richtung von Nord 10° Ost hatte. Dem Risse folgend, bemerkten wir, dass er gegenüber der Besitzung von Manuel Velázquez sich verbreiterte und hierauf in zwei Arme spaltete. Etwas weiter beginnen die beiden Arme parallel zu laufen. Aus diesen Spalten brachen auf den Besitzungen von Lisandro Oro und Tristan Lopez Wassermassen hervor, welche rötlichen Sand führten und denselben in Form kleiner kraterähnlicher Kegel absetzten. Ebensolche Ausbrüche haben auch weiter gegen Nordosten, in den Besitzungen von Antonio Carrizo und Frau Juana Lopez Spuren zurückgelassen, und auf einer Länge von 10 *m* findet sich eine Vertiefung von 25 *cm*. In dem Hause von F. Sanchez ist der Riss 40 *cm* breit, und das Terrain weist eine Einsenkung von 32 *cm* auf. Etwa 150 *m* von diesem Punkte

---

1) Annales de Géographie Paris 1895. 4. p. 15.
2) Gaea 1895. p. 312.

werden die Risse von einem anderen sehr grossen senkrecht geschnitten, welcher sich gegen Osten fortsetzt.

Wir folgten dieser Richtung und gelangten zur Mühle »del Carrizal«, welche von dem Erdbeben gänzlich zerstört ist; dort hat der Erdriss eine Breite von 50 *cm.* Auf eine Entfernung von 300 *m* östlich von der Mühle wird die Spalte durch eine andere geschnitten, welche die Richtung von Nord 10° Ost hat. Wir folgten ihr, um ihre Länge zu ermitteln, und auch weil sie uns zu den Termalwassern von La Laja führte, wegen des Interesses, welches dieser Umstand uns einflösste; wir hatten nämlich über diesen Punkt schon im vorigen Jahre Studien gemacht. Die Spalte, welche ihre angegebene Richtung beibehält, hat auf der Strecke den Einsturz mehrerer Häuser bewirkt, so desjenigen von Chirino, wo die Wände sich um 60 *cm* senkten, und der Fussboden sich stellenweise hob, nach allen Richtungen durchschrickte Wölbungen bildend. Unweit der las Lomitas genannten Hügelkette scheint der Erdriss aufzuhören, aber indem wir aufmerksam suchten, fanden wir ihn aufs neue am Fusse derselben.

Diese Erscheinung ist von grosser Wichtigkeit. Die Lomitas bestehen aus von dem Berge von Villicum durch die Gewässer angeschlepptem Steinschutte. Es ist eine Art groben Gerölles, kalkhaltig, aber mit nur sehr wenig Erde, welches eine Reihe von Hügeln bildet; dieselben sind dem Berge von Villicum vorgelagert und ruhen auf dem rötlichen Sande der Tertiärformation, welche die Unterlage jener ganzen Gegend darstellt. Dieses auf Sand lagernde Geröll scheint eine Bodenart zu bilden, welche den wellenförmigen Bewegungen des Erdbebens widersteht, wie daraus hervorgeht, dass keine Risse in derselben zu entdecken sind, und dass die darauf errichteten Gebäude keinen Schaden litten.

Die Spalte verfolgt ihre ursprüngliche Richtung weiter; doch wir trennten uns von ihr, wo der Weg eine Biegung macht und nach den Bädern von La Laja führt, da wir es für unangebracht hielten, unsere Studien nach dieser Seite auszudehnen. In diesen Thermalbädern untersuchten wir die physikalische und chemische Beschaffenheit des Wassers und nahmen auch eine Messung der Wassermenge vor, welche aus den Quellen hervorsprudelt. Nach den Ablagerungen, welche wir vorfanden, zu schliessen, scheinen die Thermalwässer im Momente der Erschütterung sehr trübe und dick hervorgequollen zu sein und eine erdige Masse mit sich geführt zu haben, welche sich als feines, aber unlösliches Pulver, mild anzufühlen, von etwa aschgrauer Farbe, ohne bemerkbaren Geschmack darstellt, und deren chemische Analyse folgende ist: ein kleiner Teil Calciumcarbonate, Magnesium und Barium, mit Spuren von Eisen und der Rest Silikate. Die Ursprungsquelle hat sich in drei geteilt: die alte in der Mitte und zwei neue, voneinander etwa je 10 *m* entfernt. Die Wassermenge, welche gegenwärtig aus diesen Quellen hervorbricht, ist fast zehnmal so gross als im vergangenen Jahre.

Nach Beendigung unserer Untersuchungen in La Laja kehrten wir zu den Lomitas von Albardon zurück und begaben uns auf der Strasse von Desempeno nach Angaco Norte. Auf dieser Strasse sind ost-westlich streichende Erdrisse zu beobachten, welche eine Abweichung von 88° 54′ haben, und etwa 300 *m* gegen Osten, hinter zwei kleinen Hügeln, giebt es eine Reihe von Spalten, wovon eine 1 *m* breit ist. In Angaco Norte fanden wir, dass sämtliche Risse die ost-westliche Richtung, die angegebene Abweichung und verschiedene Breiten, bis zu 2 *m*, haben.

In Ingaco Sur besuchten wir die Besitzung von Pastore, welche zwei Erdrisse aufweist, deren bedeutenderer von Nord 10° Ost nach Südwest läuft und die Spuren verschiedener Wasserausbrüche zeigt, ähnlich den oben geschilderten, aber um vieles ausgeprägter. Auf dieser Besitzung hat sich das Terrain teilweise in ziemlicher Ausdehnung gesenkt, und man kann behaupten, dass die Erdbebenerscheinungen hier mit grosser Gewalt auftraten.

Unsere Beobachtungen und die Angaben der Blätter über das Naturereignis, wie es an den anderen Punkten zur Erscheinung kam, führen uns zu verschiedenen Schlussfolgerungen: In erster Linie war es uns möglich, die Dimensionen und die Lage des Epizentrums zu konstatieren; dasselbe ist eine Ellipse, deren Axen 727, resp. 337 *km* lang sind. Der Mittelpunkt dieser Ellipse liegt 25 *km* nordöstlich von Catuna (Santa Rita) in La Rioja, und ihre Brennpunkte, der eine unweit Pitambola (Provinz Santiago del Estero) und der andere nahe bei Santa Rosa (Provinz Mendoza); der Abstand zwischen beiden beträgt 647 *km*. Der Flächeninhalt dieser Ellipse beträgt 771 . 271 *km*.

Die Wellenbewegungen setzten sich nach allen Richtungen fort, aber mit verschiedener Intensität. Wenn Mendoza, San Luis, Cordoba und Catamarca verschont geblieben sind, so verdanken sie dies den grösseren und kleineren Bergen, welche ihnen als Wälle oder sozusagen als Wellenbrecher dienten, indem sie durch ihre von dem Boden der Ebene verschiedene Zusammensetzung die Gewalt der wellenförmigen Erschütterung aufhoben. Aus den angestellten Berechnungen geht hervor, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwelle 1394 *m* per Sekunde betrug, was uns nicht befremden darf, wenn wir die Bodenbeschaffenheit auf der Strecke vom Erschütterungszentrum bis zur Hauptstadt in Betracht ziehen. — Eine andere wichtige Frage ist die Bestimmung der Tiefe dieses Zentrums. Um dieselbe zu lösen, haben wir das System von Mallet befolgt, welches auf der Beobachtung der Richtung und Neigung der vom Erdbeben hervorgebrachten Spalten beruht. Diese Methode, welche die Gleichartigkeit des von den Spalten zerrissenen Bodens zur Voraussetzung hat, ist in dem gegebenen Falle zur Anwendung durchaus geeignet. Derselben folgend, haben wir eine Tiefe von annähernd 2345 *m* ermittelt.«

Erderschütterungen in der Alta Verapaz (Guatemala). C. Sapper[1]) giebt ein Verzeichnis der dort seit März 1890 bis 25. September 1894 bemerkten Erschütterungen. In demselben ist neben der oft schwarmähnlichen Häufung der Erschütterungen namentlich die ganz lokale Beschränkung des Phänomens auffallend. Nur wenige (und zwar stärkere) Erdbeben sind an einer grossen Anzahl von Orten zugleich verspürt worden, noch seltener wurden solche Erschütterungen auch ausserhalb der Alta Verapaz bemerkt. Sapper glaubt, dass die Erschütterungen in dem von Höhlen und Klüften durchsetzten Kalk- und Dolomitgebirge der Alta Verapaz zum grössten Teile zur Klasse der Einsturzbeben gehören. Schon die Unzahl von Erdfällen und Dolinen, welche in der Alta Verapaz vorkommen, sind bei ihrer Bildung gewiss zugleich mit lokalen Erderschütterungen verbunden gewesen, und obgleich Verf. selbst nie die Neuentstehung solcher Gebilde beobachtet hat, die Mehrzahl der Höhleneinstürze auch nicht gerade Veränderungen an der Erdoberfläche zur Folge haben dürfte, so ist doch aus einem allerdings weit abliegenden, aber seinen physikalischen Verhältnissen nach ganz analogen Gebiete des mexikanischen Staates Tabasco ein Fall bekannt, dass ein ansehnlicher Erdtrichter sich bildete unter Erdbeben und heftigem Getöse (bei Piedras Negras, Mai 1892). Wenn Verf. aber früher glaubte, dass die Regenperioden von Einfluss auf die Häufigkeit der Erdbeben seien, so war er im Irrtume, denn das einzige deutliche Minimum der Erdbebenhäufigkeit befindet sich in den Monaten Juli und August, also in Monaten mit beträchtlichem Regenfalle, während im trockensten Monate des Jahres, im April, ein — allerdings untergeordnetes — Maximum der Erdbebenhäufigkeit eintritt.

Verf. giebt folgende Zusammenstellung der 1889—1894 in der Alta Verapaz beobachteten Erdbeben, geordnet nach Monaten und der mittleren Niederschlagshöhe in Chimax (1891—1894).

	Summe der Erdbeben in 6 Jahren	Niederschlagshöhe, mittlere mm
Januar	7	120
Februar	19	112 6
März	6	96
April	10	42.2
Mai	4	192.8
Juni	8	302 2
Juli	1	307.6
August	2	201.3
September	7	256.3
Oktober	6	278.1
November	7	227.2
Dezember	6	181.0
	83	2317.3

[1]) Zeitschrift d. deutsch. geolog. Gesellschaft 1894. p. 832.

Ein Parallelismus zwischen Erdbebenhäufigkeit und Regenmengen ist hieraus nicht ersichtlich, doch meint Verf., dass bisweilen besonders heftige Regenfälle im stande sind, Erdbeben auszulösen.

Seismische Bodenverschiebung. Am 17. Mai 1892, ungefähr um 8 Uhr abends, fand in der nördlichen Hälfte von Sumatra ein Erdbeben statt, welches sogar in einem Teile der Halbinsel Malakka wahrgenommen wurde, aber am meisten die Gegenden berührte, welche zwischen dem Dolok Lubuk Raja und dem Gunung Talamau (Ophir) gelegen sind. Es war mit einer stark wellenförmigen Bewegung des Bodens gepaart, wodurch die steinernen Gebäude des Hauptortes Padang Si Dimpuan so sehr beschädigt wurden, dass sie grösstenteils abgebrochen werden mussten, während an verschiedenen Orten hölzerne Gebäude von ihren Fundamenten heruntergeworfen wurden.

Da man in jener Gegend gerade mit der sekundären Dreiecksmessung beschäftigt war, so konnte man mit ziemlich grosser Genauigkeit die Verschiebung bestimmen, welche einzelne Punkte des Gebirges erfahren hatten.

Infolge des Erdbebens hatten im Gebirge an zahlreichen Orten sehr bedeutende Abbrüche stattgefunden, und in hohem Grade war dies unter anderm der Fall nahe dem Gipfel und am Gehänge des Sorik Marapi. Man musste deshalb fürchten, dass der auf dem höchsten Punkte der Kraterwand errichtete Triangulationspfeiler verschwunden sein würde. Es zeigte sich indessen, dass dies nicht der Fall war; obwohl ein Abbruch an der Innenseite des Kraters bis nahe an den Fuss des Pfeilers reichte, und sich dort eine tiefe Spalte zeigte, stand der Pfeiler selbst doch noch genau aufrecht. Als aber dort die Winkelmessungen vorgenommen wurden, stellte sich heraus, dass die Resultate derselben nicht mit den Messungen an den anderen Punkten stimmten, weswegen man vermutete, dass der Pfeiler infolge des Erdbebens verschoben sei. So ward es erforderlich, die Messungen für die Festlegung der drei obengenannten Punkte zu wiederholen, und dabei stellte sich heraus, dass auch die Punkte Tor Si Hite und Gunung Malintang verschoben waren.

Da die Messungen vor dem Erdbeben schon für die Festlegung der drei sekundären Punkte ausreichten, so war man im stande, die relative Lage der Punkte vor und nach dem Erdbeben zu untersuchen, und daraus ergaben sich für den Betrag der Verschiebung (V) und das Azimut (A) der Richtung, in der die Verschiebung stattgefunden, gezählt in der Richtung von Nord nach Ost:

Sorik Marapi	V = 1.23 *m*	A = 344° 57′
Tor Si Hite	V = 0.64 »	A = 149° 2′
Gunung Malintang . .	V = 0.24 »	A = 304° 28′

In der Hölenlage der Punkte konnte man eine Veränderung mit Sicherheit nicht nachweisen. Dagegen stellte sich heraus, dass noch zwei andere Punkte, nämlich Tor Si Manondong und Dolok

Balameja, eine Verschiebung erfahren hatten; aber ihre Grösse und Richtung konnte nicht berechnet werden, weil man vor dem Erdbeben erst von einer einzigen Station aus auf diese Punkte visiert hatte.

Der Abstand der äussersten Punkte, deren Verschiebung konstatiert ist, des Gunung Malintang und Dolok Balameja, beträgt ungefähr 53 *km*, aber zweifellos haben derartige Verschiebungen in einem noch grösseren Gebiete stattgefunden. Dies würde man durch erneute Messungen für die südlicher gelegenen Punkte untersuchen können, doch lag eine derartige Untersuchung nicht in dem Bereiche der Aufgaben der Triangulationsbrigade.[1])

Die Erdbeben in ihrer Beziehung zur Verteilung des Luftdruckes. T. Ch. Thomassen kommt auf Grund seiner mehrjährigen Untersuchungen und Studien der norwegischen Erdbeben zu dem Resultate, dass die Verteilung des Luftdruckes und die Erdbeben unzweifelhaft miteinander in Beziehung stehen. Von entscheidender Bedeutung dabei ist nicht der lokale Luftdruck zur Zeit das Auftretens einer Erschütterung, sondern vielmehr die Grösse des Gradienten am Orte selber oder in der Nähe des Erdbebenstriches. Das Auslösen eines Spannungszustandes der Erdkruste kann auch durch die Luftdruckverhältnisse in grösserer Entfernung von dem Erdbebenorte selbst hervorgerufen werden. Aus dem Studium der Luftdruckverhältnisse der norwegischen Erdbeben 1887—1893 geht hervor, dass die Erdbeben weder an hohen, noch an niedrigen Barometerstand gebunden sind, und dass das Barometer in den meisten Fällen konstant oder steigend, sehr selten dagegen fallend gewesen ist. In 53 Fällen von 86 hat die Verbindungslinie Maximum zum Minimum die Richtung SW—NO gehabt; dies schien in einem bestimmten Verhältnisse zur Hauptrichtung der Erdbeben gestanden zu sein. Diese Erdbeben scheinen Dislokationserdbeben zu sein. Sobald der Unterschied des Luftdruckes auf beiden Seiten einer Bruchlinie einen bedeutenden Grad erreicht, kann das ein Auslösen des Spannungsverhältnisses verursachen, und es tritt ein Erdbeben ein. Es wird dies, bemerkt Prof. Hann, nicht mehr so unwahrscheinlich klingen, wenn man bedenkt, dass ein Steigen des Barometers um 1 *mm* einer Druckzunahme von ca. 13.6 Millionen Kilogramm pro Quadratkilometer entspricht. Die untersuchten Erdbeben waren auch weit mehr an das Maximum, als an das Minimum des Barometerstandes geknüpft[2]).

Die bisherigen Ergebnisse der Beobachtungen am Horizontalpendel. Dr. v. Rebeur-Paschwitz veröffentlichte eine eingehende Untersuchung der auf seine Veranlassung auf der Kaiserl. Universitätssternwarte zu Strassburg 1892 bis 1894 angestellten Beobachtungen am Horizontalpendel.[3]) Das Instrument fand seine

---

[1]) Petermann's Mittl. 1895. p. 97.
[2]) Meteorol. Zeitschrift 1895. p. 240.
[3]) Gerland, Beiträge zur Geophysik, **2.** p. 211 ff.

Aufstellung im Fundamentraume des Observatoriums auf einer Konsole, an der Ostseite des Pfeilers, der das Passageinstrument trägt. Der Raum ist grösseren Temperaturschwankungen ausgesetzt als ein gewöhnlicher Kellerraum, und das Pendel war in der Richtung Ost-West aufgestellt. Bezüglich aller Einzelheiten der Aufstellung, Justierung und Untersuchung des Instrumentes muss auf das Original verwiesen werden, hier kann es sich nur um die Ergebnisse der Beobachtungen handeln, und zwar hauptsächlich in bezug auf mikroseismische und seismische Erscheinungen. Die photographische Registrierung giebt im Gegensatze zu den isolierten Beobachtungen zugleich eine fortlaufende Kontrolle über den jeweiligen Grad der Ruhe des Erdbodens und gestattet dadurch, eine Reihe von Erscheinungen regelmässig zu verfolgen, die bei direkten Beobachtungen nur durch einen glücklichen Zufall zur Kenntnis des Beobachters gelangen. Die Strassburger Photogramme lassen auf den ersten Blick drei verschiedenartige Phänomene unterscheiden.

»Eine regelmässige Erscheinung in den Kurven bildet die mikroseismische Bewegung. Dieselbe entsteht vermutlich durch kleine Schwingungen des Pendels, die durch horizontal gerichtete Oszillationen des Bodens erzeugt werden, ohne dass dabei eine Veränderung der Gleichgewichtslage eintritt. Man muss dies daraus schliessen, dass wie bei den Erdbebenstörungen symmetrische Figuren entstehen. Wenn Erdwellen im Spiele wären, so müsste diese Symmetrie zuweilen gestört sein, oder die Amplitude der Wellen müsste so klein sein, dass sie gegenüber den Ausschlägen des schwingenden Pendels nicht in Betracht käme. Die mikroseismische Bewegung ist in Strassburg im Winter häufiger als im Sommer, erreicht aber niemals die Grösse, wie auf den früheren Stationen Wilhelmshaven und Potsdam.

Eine zweite, sehr eigenartige und bisher in dieser Weise wohl noch nirgends wahrgenommene Erscheinung bilden die Erdpulsationen, welche wir nach dem Aussehen der Kurven und auch aus anderen Gründen als etwas von der mikroseismischen Bewegung durchaus Verschiedenes anzusehen berechtigt sind. Sie haben mit ihr nur das gemeinsam, dass das Maximum ihrer Entwickelung etwa in dieselbe Jahreszeit fällt.

Als dritte auffällige, aber schon von den früheren Beobachtungen her bekannte Erscheinung sind die zahlreichen Störungen anzuführen, welche wohl alle von entfernteren Erdbeben herrühren. Diese Störungen sind in Strassburg, ebenso wie die mikroseismische Bewegung, durchschnittlich viel kleiner, als an den früheren Beobachtungsstationen, aber der meist ruhigere und gleichmässigere Verlauf der Strassburger Kurven und ihre grössere Feinheit erlauben auch kleinere Anschwellungen zu berücksichtigen, die z. B. in Wilhelmshaven unter der Fülle zahlreicher kleiner Unregelmässigkeiten, mit denen die dortigen Kurven besetzt sind, jedenfalls der Beachtung entgangen wären. Diesem Umstande ist es zum Teile, wenn auch

nicht ausschliesslich, zuzuschreiben, dass die Zahl der deutlichen Störungen in Strassburg viel grösser ist als früher. Aber selbst die kleinsten unter diesen Spuren sind meist noch breiter, als die meisten der durch die neuerdings in Italien in Aufnahme gekommenen Seismometrographen verzeichneten Erdbebenfiguren.

a. Die mikroseismische Bewegung. Wenngleich in Strassburg der ruhige Zustand des Pendels vorherrscht, so kommen doch auch Tage mit ziemlich kräftiger mikroseismischer Bewegung vor, und dass letztere an gewisse Regeln gebunden ist, geht schon daraus hervor, dass sie am Tage meist stärker ist als in der Nacht. In manchen Monaten zeigt sich ein paralleler Gang mit der Windstärke, so dass man diese als die alleinige Ursache der mikroseismischen Bewegung ansehen möchte, doch kommen auch Ausnahmen vor. Wenn man die Gesamtheit der Beobachtungen in Betracht zieht, so zeigt sich deutlich, dass die Zahlen für die Intensität der mikroseismischen Bewegung derjenigen für die Windstärke gar nicht entsprechen, sondern je nach der Jahreszeit sehr verschieden ausfallen. Alles dies beweist, nach v. Rebeur-Paschwitz, dass die Windstärke nicht allein oder nicht unmittelbar massgebend für den Grad der mikroseismischen Unruhe ist. Verf. zieht folgende Schlüsse aus seinen Zusammenstellungen:

»1. Die mikroseismische Bewegung hat eine sehr ausgesprochene tägliche Periode, deren Minimum im Jahresdurchschnitte in den Morgenstunden zwischen 4 und 5^h, und deren Maximum in den Nachmittagsstunden von 2 bis 3^h liegt. Diese tägliche Periode tritt besonders deutlich auf in der Zeit, welche die Monate März bis November umfasst. Dagegen ist sie von geringerer Bedeutung während der übrigen drei Monate, Dezember bis Februar, obwohl dies die Monate sind, in denen die mikroseismische Bewegung überhaupt am stärksten entwickelt ist. Die Zeiten des Maximums und Minimums sind etwas veränderlich. In einigen Monaten, Juli, September, November, fällt das Maximum noch in die Vormittagsstunden, doch sind dies gerade die Monate, in denen die Erscheinung überhaupt eine geringe Rolle spielt. Der Monat Oktober zeigt die Periodizität zwar ebenfalls deutlich, doch ist sie hier schon nicht mehr so ausgesprochen, wie in den übrigen Monaten. Der Dezember ist besonders dadurch bemerkenswert, dass die Periodizität in ihm ganz verschwindet.

2. Während an dem Einflusse des Windes auf die mikroseismische Bewegung nicht zu zweifeln ist, so verschwindet doch diese Abhängigkeit der beiden Elemente voneinander gänzlich, sobald man sich auf die Betrachtung der Monatsmittel für die tägliche Periode beschränkt. Die Beobachtungen lassen überhaupt im Jahresdurchschnitte keine nennenswerte Periodizität der Windstärke erkennen, und in den einzelnen Monaten ist sie von sehr wechselndem Charakter und entspricht nicht den Zahlen für die mikroseismische Bewegung. Wir sind daher berechtigt, zu schliessen,

dass die periodisch in den mittleren Tagesstunden auftretende Bewegung nur in ihrer mittleren Intensität, nicht aber in ihrer Periodizität vom Winde abhängt. Letztere muss durch andere Umstände bedingt sein.

3. Ein ähnliches Resultat erhalten wir, wenn wir die reduzierten (auf denselben Empfindlichkeitsgrad des Pendels bezogenen) Monatsmittel mit denen der Windstärke vergleichen. Erstere zeigen eine sehr deutlich ausgesprochene jährliche Periode mit dem Maximum im Januar. Dieser nebst den beiden einschliessenden Monaten ist durch stärkere Bewegung ausgezeichnet, während in den Monaten Juli, August, September und November die Bewegung fast ganz verschwindet und in der übrigen Zeit nur geringfügig ist. Bei der Windstärke findet sich nun zwar auch ein besonders grosser Wert im Februar, eine eigentliche Periodizität ist aber nicht vorhanden.

4. Das Maximum der mikroseismischen Bewegung fällt in die Hauptwintermonate und koinzidiert somit einigermassen mit den Maximis der Erdpulsationen und der Erdbeben in der nördlichen Hemisphäre. Ein innerer Zusammenhang mit den Erdpulsationen ist aber wenig wahrscheinlich, da diese schon im Januar von geringer Bedeutung sind und im Februar ganz fehlen, während diese beiden Monate noch durch starke mikroseismische Bewegung ausgezeichnet sind. Dagegen weist das letzte Drittel des November bei sehr geringer mikroseismischer Bewegung stark entwickelte Pulsationen auf. Es ist somit auch hierdurch die auf den äusseren Anschein gegründete Trennung der beiden Erscheinungen, welche Prof. Milne als identisch ansieht, vollkommen gerechtfertigt.

5. Der in den Monatskurven hervortretende Parallelismus zwischen mikroseismischer Bewegung und Windstärke erlitt, abgesehen von geringen Abweichungen, nur einmal im Laufe der Beobachtungsperiode etwa vom 25. Dezember 1892 bis 20. Januar 1893 eine sehr auffällige Unterbrechung. Hier verschwindet jede Beziehung zwischen den beiden Erscheinungen, obwohl sich in dieser Periode gerade die Tage mit stärkster mikroseismischer Bewegung vorfinden. Der betreffende Zeitraum fällt genau zusammen mit der sehr starken Frostperiode dieses Winters. Wir werden wohl nicht fehl gehen in der Annahme, dass dieses Zusammentreffen kein zufälliges ist, sondern dass das Frieren des Bodens die Bedingungen für die Fortpflanzung jener Bewegung verändert. Wenn diese Ansicht richtig ist, so würde folgen, dass die mikroseismische Bewegung zum Teile ein ganz oberflächliches Phänomen ist.

Zusammengefasst ergeben die voraufgehenden Erörterungen das auffällige Resultat, dass während im einzelnen eine deutliche Beziehung zwischen Wind und mikroseismischer Bewegung zu konstatieren ist, welche sich in gewissen Monaten in einem fast vollkommenen Parallelismus der beiderseitigen Kurven äussert, die letztere, wenn man die Monats- und Jahresdurchschnitte allein

betrachtet, als eine ganz unabhängige Erscheinung sich darstellt. Eine Erklärung hierfür kann ich nur in der Annahme finden, dass die mikroseismische Bewegung verschiedenen Ursachen ihre Entstehung verdankt, unter denen der Wind zwar am stärksten wirkt, aber zugleich auch am meisten den Charakter einer zufälligen Erscheinung trägt. Während daher bei der Vergleichung im einzelnen der Einfluss des Windes weit überwiegt, fällt er bei der Zusammenfassung der Beobachtungen längerer Zeiträume heraus, und es bleiben diejenigen Elemente der Erscheinung übrig, welche auf andere noch unbekannte Ursachen zurückzuführen sind.

Was zunächst das ungleiche Auftreten der mikroseismischen Bewegung in den verschiedenen Tagesstunden betrifft, so liefern die früheren Beobachtungen ganz dasselbe Resultat, wenngleich ihre Zahl zu gering war, um, wie es hier möglich ist, die Gesetzmässigkeit dieses Wechsels nachzuweisen. In Potsdam und Wilhelmshaven waren ebenfalls die Tagesstunden, besonders der Nachmittag, an welchem die östliche Elongation des Pendels stattfand, durch stärkere Bewegung gekennzeichnet, in Puerto Orotava dagegen die Zeit zwischen 5^h nachmittags und 12^h nachts.

Man könnte denken, dass das Anwachsen der mikroseismischen Bewegung am Tage auf den Strassenverkehr in einer grossen Stadt zurückzuführen sei. Ich halte dies aber nach allen Erfahrungen, die ich mit dem Horizontalpendel gemacht, für eine ganz unzureichende Erklärung. Bei den direkten Beobachtungen, die ich 1887 auf der Technischen Hochschule in Karlsruhe oft stundenlang fortsetzte, hat mich nichts so überrascht, als die Unempfindlichkeit des Pendels gegen die oft starken, deutlich fühlbaren Erschütterungen in der Nachbarschaft. Bei der Lage der Strassburger Sternwarte und der viel tieferen Fundierung des Pfeilers wird man also viel weniger an einen solchen Einfluss denken dürfen, der übrigens wohl ein Vorherrschen der Bewegung am Tage, aber nicht das sehr ausgesprochene Nachmittagsmaximum erklären würde.

Die jährliche Periode der mikroseismischen Bewegung beweist, dass die Wintermonate besonders günstige Bedingungen für ihre Entwickelung darbieten, und es scheint in dieser Zeit noch ein anderes Element hinzuzukommen, gegen welches die tägliche Bewegung zurücktritt. Das Verhalten des Pendels während der Frostperiode lässt sich wie folgt erklären. In weichem Boden sind bekanntlich die Erschütterungen immer heftiger als im Felsboden. Wenn nun durch den Frost der Boden härter wird, so nehmen, weil es sich dabei anscheinend um eine rein oberflächliche Erscheinung handelt, die vom Winde erzeugten Vibrationen ab. In der That verschwindet in den Kurven der Einfluss des Windes. Die in dieser Zeit trotzdem vorhandene kräftige Bewegung dürfen wir als ein Phänomen ansehen, dessen Wirkung sich tiefer und weiter erstreckt. Derartige Bewegungen wird man daher auch wahrscheinlich in den Aufzeichnungen einer entfernteren Station

wiederfinden, während es sonst nur einer genauen Prüfung der mitgeteilten Tabellen bedarf, um den im allgemeinen lokalen Charakter der mikroseismischen Bewegung zu erkennen. Für die Erkenntnis der Ursachen derselben würden sowohl Bergwerksbeobachtungen, als auch Beobachtungen an einem Punkte der südlichen Halbkugel von Wichtigkeit sein.«

Prof. Milne in Tokio war früher zu dem Ergebnisse gelangt, dass die in Rede stehenden Bewegungen mehr an das Auftreten steiler barometrischer Gradienten als an das Wehen starker Winde gebunden seien.

b. Erdpulsationen. Hierunter versteht Verf., nach dem Vorgange von Prof. Milne, sehr regelmässige, flache Wellen, welche die Erdoberfläche in ähnlicher Weise kräuseln, wie die Dünung die Oberfläche des Meeres. Die Periode dieser Wellen scheint sehr veränderlich zu sein, bei der auffälligsten (in Strassburg) betrug sie 2 bis 3 Minuten. Merkwürdig ist, dass sie meistens in langen, zusammenhängenden Reihen erscheinen; sie sind dann von so grosser Regelmässigkeit, dass die photographierte Kurve derselben an den Rändern wie die Zähne einer Säge aussieht. Die Erdpulsationen treten, wenn sie auch an eine gewisse Jahreszeit gebunden zu sein scheinen, welche genau mit der grössten Häufigkeit der Erdbeben in der Nordhemisphäre zusammenfällt, zu allen Tageszeiten gleichmässig auf, ja sie sind sogar im Gegensatze zur mikroseismischen Bewegung nachts eher etwas häufiger als am Tage.

Eine Eigentümlichkeit der Pulsationen, welche für eine spätere Erklärung ihres Ursprungs vielleicht nicht ohne Bedeutung ist, ist die anscheinende Willkürlichkeit ihres Auftretens und ihr ebenso willkürliches Verschwinden. Oft wechseln vollkommen ruhige Kurvenstellen mit ausgeprägten Pulsationen ganz unvermittelt ab. Lange Reihen der letzteren sind zuweilen durch kurze gerade Strecken unterbrochen, und umgekehrt findet man inmitten ruhiger Tage hier und da eine geringe Zahl von Pulsationen.

Das Resultat einer eingehenden Prüfung sowohl der speziellen meteorologischen Daten für Strassburg, als auch der allgemeinen Witterungslage lässt sich dahin zusammenfassen, dass ein klarer, deutlicher Zusammenhang zwischen den Erdpulsationen und meteorologischen Zuständen sich nicht nachweisen lässt, wenn auch gewisse Phasen der Erscheinung vielleicht durch Änderungen des meteorologischen Gesamtzustandes gedeutet werden können.

»Es zeigt sich, dass der barometrische Gradient an sich keinen Einfluss hat, dagegen lassen die näheren Umstände an den durch besonders regelmässige und lang andauernde Pulsationen ausgezeichneten Tagen allerdings die Annahme zu, dass ausser plötzlichen starken Änderungen des Luftdrucks die Wanderungen der Maxima und Minima infolge der durch sie verursachten Änderungen der Spannung in der Erdoberfläche besonders günstige Bedingungen für das Auftreten der Erscheinung sind. Eine Erklärung derselben

ist damit freilich keineswegs geliefert, denn es bleibt völlig rätselhaft, warum sie auf einen so kleinen Teil des Jahres beschränkt ist, während doch die ersten Monate des Jahres sehr ähnliche meteorologische Verhältnisse aufweisen. Noch weniger ist ihr intermittierender Charakter zu erklären, der in der graphischen Darstellung, obwohl dort nur die Hauptzüge des Phänomens wiedergegeben werden konnten, deutlich zu erkennen ist.

Wenn die oszillierende Bewegung der Erdoberfläche, als deren Folge die Pulsationen betrachtet werden müssen, sich mit derselben Geschwindigkeit fortpflanzt wie die Erdbebenwellen, so dürfte die Länge einer einzelnen Welle wohl 600 *km* betragen, es würden also schon 80 derselben den ganzen Erdumfang einnehmen. Dagegen ist ihre Höhe sehr gering, und die ganze Differenz zwischen Wellenberg und Wellenthal beträgt nur 16 *mm*, wenn man die ganze Amplitude einer Welle zu 0.05″ annimmt. Im Vergleiche zu den bei Erdbeben vorkommenden vertikalen Bewegungen ist diese Höhe ziemlich beträchtlich. Wir müssen aber nach den Beobachtungen Milne's und mit Rücksicht auf die in Strassburg konstatierten grösseren Wellen annehmen, dass noch viel bedeutendere Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche vorkommen. Wenn solche sich auf den Meeresboden erstreckten, so könnten sie, wenn sie eine kurze Periode hätten, wohl auch Bewegungen der darüber liegenden Wassermassen zur Folge haben. Es fragt sich aber, ob solche ausgedehnte Wellenreihen, wie wir sie in mehreren Fällen beobachteten, wirklich über grösseren Länderstrecken gleichzeitig zur Ausbildung kommen, oder ob letztere nicht vielleicht auf ein engeres, durch besondere lokale Verhältnisse begünstigtes Gebiet beschränkt ist.

In der letzten Zeit ist es C. Davison in Birmingham mehrfach gelungen, durch entferntere Erdbeben hervorgerufene Wellenbewegungen des Erdbodens mittels des Darwin'schen Bifilarpendels längere Zeit hindurch direkt zu beobachten und dadurch die gelegentlichen Wahrnehmungen früherer astronomischer Beobachter zu bestätigen. Die Periode der Wellen bewegte sich zwischen 12 und 20″, und die grösste wahrgenommene Amplitude wurde auf $^1/_4$″ geschätzt. Es handelte sich also um sehr ähnliche Wellen, wie die in Strassburg beobachteten. Wir finden ferner in den Erdbebenbeobachtungen der italienischen Seismologen häufig Angaben über die Dauer derselben Wellen nach den Aufzeichnungen der langen Pendelseismometrographen, welche mit den erstgenannten gut harmonieren und zugleich die Veränderlichkeit der Oszillationsdauer erkennen lassen. Wir wissen jetzt, dass solche Wellen auch ohne die Veranlassung eines Erdbebens auftreten. Ein interessantes Beispiel bildet eine grosse Störung am 19. Dezember 1892, die durch ein Erdbeben in Beludschistán hervorgerufen ist und inmitten einer ausgezeichneten Reihe sehr regelmässiger Pulsationen liegt. Die Periode dieser letzteren ist nachher fast dieselbe, wie vorher, ja an den Rändern der Störungsfigur sind sogar an einer Stelle, wo die

Schwingungen des Pendels genügend klein geworden sind, noch deutliche Spuren von Pulsationen zu erkennen.«

c. Erdbebenstörungen. Der Zusammenhang zwischen den Störungen des Horizontalpendels, deren Dauer meist einige Stunden nicht überschreitet, und gleichzeitigen Erdbeben ist in so vielen Fällen nachgewiesen, dass man wohl berechtigt ist, für jede beobachtete Störung ein Erdbeben als Ursache anzunehmen.

Dr. v. Rebeur-Paschwitz giebt ein Verzeichnis solcher Störungen, wie sie früher in Potsdam, Wilhelmshaven und auf Teneriffa, dann in Strassburg und von Prof. Kortazzi in Nicolajew beobachtet worden sind. Es findet sich dabei als auffallende Erscheinung eine ausserordentlich lange Dauer vieler Störungen, welche oft einschliesslich der kleinen gegen das Ende hin bemerkbaren Phasen vier bis fünf Stunden erreicht. »Dabei kommt die charakteristische Figur, welche das Pendel erzeugt, wenn es aus einem grösseren Ausschlage in den Ruhezustand zurückkehrt, eigentlich niemals zu Stande. Nach früheren Versuchen sinkt bei den in Betracht kommenden Schwingungszeiten die Amplitude schon in etwa 15 Minuten auf einen Umfang von wenigen Millimetern herab, während bei den Störungen die stärkste Phase nicht selten einen Umfang von einer Stunde erreicht. Das beweist, dass die Bewegung, unter deren Einflusse das Pendel schwingt, nahezu ebenso lange gedauert hat. Die wiederholte Zu- und Abnahme der Bewegung nach dem Ende der Hauptphase, welche besonders charakteristisch bei dem Erdbeben von Wjernoje am 11. Juli 1889 zu erkennen ist, ruft unwillkürlich den Gedanken hervor, dass die Erdbebenwellen bei ihrer Ausbreitung im Erdkörper auch auf anderm als dem direkten Wege an einen Punkt der Erdoberfläche gelangen können. Jedenfalls beweist die lange Dauer der Störungen, dass die Erdbewegung sich bei ihrer Fortpflanzung vielfach spaltet, und dass in grösserer Entfernung von dem Erdbebenherde die Bewegung sehr viel länger andauert, als in der Nähe desselben.«

Dr. v. Rebeur-Paschwitz giebt spezielle Untersuchungen über verschiedene Erdbeben mit bezug auf den Zusammenhang mit den Störungen des Horizontalpendels. Diese Untersuchungen sind von grösster wissenschaftlicher Bedeutung, doch können hier nur die vom Verf. daraus gezogenen Resultate Platz finden. Er unterscheidet bei den Störungen drei Phasen: I ist der Moment, in welchem die erste, wenn auch noch schwache Bewegung sichtbar ist, II bedeutet das letzte, dem eigentlichen Maximum vorangehende stärkste Anschwellen der Bewegung, III das eigentliche durch die grösste Amplitude gekennzeichnete Maximum.

Die einzelnen Fälle sind in der folgenden Tabelle enthalten, welche Dr. v. Rebeur-Paschwitz berechnet und zusammengestellt hat:

Epizentrum	Datum des Erdbebens	Ort der Hor.-Pend.-Beob.	Entfernung	Beob. Phase	Zeitdifferenz	Geschwindigkeit
			km		Uhr	km
Tokio, Japan	1892 Mai 11.	Strassburg	9520	I	0.10	26.4 (?)
				II	0.75	3.52
				III	0.86	3.07
» »	1892 Okt. 18.	»	9520	I	0.45	5.87
				II	0.61	4.34
				III	0.69	3.83
» »	1892 Nov. 4.	»	9520	I	0.33	8.1
				II	0.96	2.75
				III	1.00	2.64
» »	1893 März 23.	»	9520	I	0.63	4.02
				II	0.64	4.13
				III	0.73	3.62
Baccaville, Kalifornien	1892 April 19.	»	9180	I	0.65	3.93
Tokio, Japan	1889 April 17.	Wilhelmshaven	9070	I	0.37	6.8
				III	0.72	3.50
» »	»	Potsdam	8950	I	0.22	11.3
				II	0.77	3.23
				III	0.89	2.79
Kumamoto, Japan	1889 Juli 28.	Wilhelmshaven	8940	II	0.75	3.31
» »	»	Potsdam	8810	II	0.82	2.98
Provinz Pangasinan, Philippinen, Insel Luzon, I. Stoss	1892 März 16.	Nicolajew	8758	I	0.40	6.08
				II	0.81	3.00
				III	1.08	2.25
» II. Stoss	»	»	8758	I	0.45	5.41
				II	0.63	3.86
				III	0.81	3.00
Tokio, Japan	1892 Mai 11.	»	7910	I	0.23	9.55
				II	0.80	2.75
				III	0.91	2.41
» »	1892 Okt. 18.	»	7910	I	0.68	3.23
				II	0.86	2.55
				III	0.98	2.24
» »	1892 Nov. 4.	»	7910	I	0.35	6.28
				II	0.66	3.33
				III	0.81	2.71
» »	1893 März 23.	»	7910	I	0.59	3.72
Quetta, Beludschistán	1892 Dez. 20.	Strassburg	5290	I	0.26	5.65
				II	0.45	3.27
				III	0.55	2.67
» »	1893 Febr. 13.	»	5290	I	0.48	3.08
				III	0.53	2.76

Epizentrum	Datum des Erdbebens	Ort der Hor.-Pend.-Beob.	Entfernung	Beob. Phase	Zeitdifferenz	Geschwindigkeit
			km		Uhr	*km*
Wjernoje, Centralasien	1889 Juli 11.	Wilhelmshaven und Potsdam	4806	I	0.27	5.00
» »	»	Berlin, astron. Beob. a. Njv.	4800	II (?)	0.43	3.1
Quetta, Beludschistán	1892 Dez. 20.	Nicolajew	3480	I	0.25	3.86
				II	0.30	3.22
				III	0.44	2.19
Stavanger, Norwegen	1892 Mai 15.	»	2180	—	—	3.03—3.63
Patras, Griechenland	1889 Aug. 25.	Potsdam	1732	I	—	2.59
Theben, Griechenland	1893 Mai 23.	Strassburg	1650	I	—	2.4
Bukarest, Rumänien	1892 Okt. 14.	»	1450	I	—	2.35
Valona, Epirus	1893 Juni 13.	»	1350	I	—	3.0
				III	—	1.8
» »	»	Nicolajew	1270	I	—	3.1
				II	—	1.7
Stavanger, Norwegen	1892 Mai 15.	Strassburg	1170	—	—	2.44—3.25
Theben, Griechenland	1893 Mai 23.	Nicolajew	1150	I	—	2.0
Neapel, Italien	1893 Jan. 25.	Strassburg	1000	I	—	3.62
Monte Gargano, Italien	1893 Aug. 10.	»	1000	I	—	3.62

Als Ergebnis kommt Dr. v. Rebeur-Paschwitz zu folgenden Schlüssen:

»Aus diesen Zahlen geht klar hervor, dass die scheinbare Geschwindigkeit der Erdbebenwellen mit der Entfernung bedeutend wächst, mag man den Anfang oder das Maximum einer Erdbebenstörung in Betracht ziehen. Für die Phase I finden wir bei den Entfernungen zwischen 10000 und 7000 *km* Werte von 6 *km* und mehr. Bei der sehr scharfen Beobachtung des Erdbebens von Wjernoje Entfernung 4800 *km*, beträgt die Geschwindigkeit nur noch 5 *km*, bei der Entfernung 1000 *km* sinkt sie auf 3.6 *km*, bei noch kleinerer Entfernung auf 3.0 *km* herab. Für die stärkste Bewegungsphase, welche vielleicht mit unserer Phase II zusammenfällt, finden wir ähnliche Verhältnisse. Die Entfernungen über 8000 *km* geben 3.0 bis 3.5 *km*, bei 1500 *km* Entfernung ist sie nur noch etwa 2.5 *km*, bei 500 *km* sinkt sie auf 1 *km* herab. Je näher dem Epizentrum, desto schwieriger wird es, die voraneilenden Wellen von der Hauptbewegung zu trennen. Wenn man nun bedenkt, dass die hier berechneten Geschwindigkeiten nur mittlere scheinbare Oberflächengeschwindigkeiten sind, so werden die Unterschiede der wahren Geschwindigkeiten noch viel bedeutender sein. Unsere grössten Entfernungen betragen etwa einen Erdquadranten, für welche das Verhältnis der Sehne zum Bogen 1.41:1.57 oder

nahezu wie 10:11 ist, es werden daher die oben gefundenen Verhältnisse sehr nahe bestehen bleiben, wenn man statt der scheinbaren Fortpflanzung an der Oberfläche der Erde die wahre innerhalb des Erdkörpers stattfindende in Betracht zieht.

Ich betrachte es hiernach als erwiesen, dass in den grösseren Tiefen innerhalb des Erdkörpers die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eine erheblich grössere ist, als in der Nähe der Oberfläche.. Die Sehne des Quadranten nähert sich dem Erdzentrum bis auf 0.7. Mindestens bis zu Tiefen von $^3/_{10}$ des Erdradius muss daher die Bewegung bei unseren entferntesten Beobachtungen hinabgedrungen sein.

Auf Grund dieser Thatsache gewinnt die Theorie krummliniger Erdbebenstrahlen, welche Prof. A. Schmidt in Stuttgart im Jahre 1888 in seiner Abhandlung: »Wellenbewegung und Erdbeben. Ein Beitrag zur Dynamik der Erdbeben«, entwickelt hat, eine ganz besondere Bedeutung. In dieser bisher anscheinend nur wenig bekannten Arbeit wird dargelegt, dass eine geradlinige Ausbreitung der Erdbebenenergie, wie sie allen bisherigen Untersuchungen zu grunde lag, bei veränderlicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht denkbar ist, dass vielmehr die Strahlen, welche zu den Wellenflächen senkrecht stehen, durch Brechung gegen das Erdzentrum hin konvex werden müssen, dass die fortschreitende Bewegung mithin in der Tiefe einen längeren Weg als die Sehne beschreibt. Obwohl diese Theorie mathematisch bisher wohl noch nicht durchgearbeitet worden ist und sich mithin noch nicht beurteilen lässt, ob die beobachtete Geschwindigkeitszunahme sich mit ihr verträgt, so deuten doch sowohl die von Prof. Schmidt angestellten Untersuchungen über mehrere gut beobachtete Erdbeben, als auch die obigen Beobachtungsresultate darauf hin, dass sie auf einer richtigen Grundlage beruht, während man die frühere Annahme einer konstanten Ausbreitungsgeschwindigkeit als eine höchst unwahrscheinliche Hypothese bezeichnen muss.

Unter diesen Umständen erhalten die Erdbebenbeobachtungen ein erhöhtes Interesse, denn sie geben uns ein Mittel an die Hand, den Elastizitätsmodul des Erdinneren in verschiedenen Tiefen zu bestimmen. Wenn bisher nur Beobachtungen bis zur Entfernung eines Erdquadranten gelungen sind, so ist dies dem rein zufälligen Umstande zuzuschreiben, dass Europa, wo diese Beobachtungen bisher allein angestellt und untersucht worden sind — über Professor Milne's Horizontalpendelbeobachtungen liegen in dieser Hinsicht noch keine Nachrichten vor —, nahezu die Mitte der Landhemisphäre der Erde einnimmt. Es ist zu erwarten, dass bei Antipodenbeobachtungen erstaunlich geringe Zeitdifferenzen sich herausstellen werden, da dann die Bewegung sich durch die innersten Teile des Erdkörpers fortpflanzt.

Ich schlage daher vor, eine internationale Kooperation bei den Erdbebenbeobachtungen anzustreben, in der Weise, dass an einigen

(zunächst nur wenigen) geeignet ausgewählten Punkten der ganzen Erde während eines bestimmten Zeitraumes korrespondierende Registrierbeobachtungen mittels des Horizontalpendels angestellt, und dass zugleich alle Nachrichten über stärkere Erdbeben auf das sorgfältigste gesammelt und bearbeitet und darauf mit jenen Aufzeichnungen verglichen werden. Ein solches Unternehmen würde, abgesehen von seiner Bedeutung für die Erdbebenkunde, auch einen neuen Weg eröffnen, auf welchem wir Aufschlüsse über das Erdinnere zu erhalten erwarten können. Wir werden im stande sein, besonders bei grossen Erdbeben, die Ausbreitung der Wellen durch den ganzen Erdkörper hindurch zu verfolgen, und daraus die Grundlagen für eine neue Theorie gewinnen, die uns auf indirektem Wege allmählich zur Kenntnis der Beschaffenheit des Erdinneren selbst führen wird. Es wäre dringend zu wünschen, dass diese mit so einfachen und relativ geringen Mitteln auszuführenden Beobachtungen recht bald an geeigneten Stellen in Angriff genommen würden. Als solche kämen in erster Linie die Sternwarten in Betracht, bezw. andere Observatorien, welche mit genau kontrollierten Uhren versehen sind.«

7. Inseln, Strandverschiebungen, Korallenriffe.

Die Insel Capri. Zur Geologie (und physischen Geographie) der Insel Capri liefert H. Karsten einige Beiträge[1]. Die Insel bildet einen Teil des grossen Kreises von Inseln und Halbinseln, die mit der Umgebung des Vesuvs die weite Bucht von Neapel bilden, und dem Beschauer wird die Idee eines voreinstigen riesigen Kraterrandes erweckt. Die Insel besteht fast gänzlich aus dichtem Kalkfels und schliesst sich geologisch zunächst der ostwärts gelegenen Halbinsel Sorrent an, während der nördliche, grössere Teil dieses Kreises vulkanischer Natur ist. Die längliche, von Ost nach West sich erstreckende Insel Capri ist fast in der Mitte dieser Erstreckung durch eine 120 *m* hohe Einsenkung in eine kleinere, östliche und eine ausgedehntere, westliche Hälfte geschieden. Mit Ausnahme der Küsten dieser südwärts verschmälerten Depression ist die Insel ringsum gegen das Meer durch mehr oder minder hohe, senkrechte Wände begrenzt.

Jede der ringsum steil abfallenden Inselhälften streckt gegen O ihren höchsten Gipfel empor, ihre höchsten Abstürze baden ihren Fuss südwärts und ostwärts im Meere, die gegen das mittlere, niedrige, verhältnismässig schmale Bindeglied gewendeten bergen sich beiderseits unter die aus jüngeren Felsschichten bestehenden Massen desselben.

Die aus der Ferne daher zweiteilig erscheinende Insel kann man sich als aus zwei nebeneinander stehenden, gegen W schräg

[1] Neues Jahrbuch für Mineralogie 1895. 1. p. 139.

abgestutzten Zylindern bestehend vorstellen, zwischen denen bis in die jüngste Epoche das Meer flutete, ähnlich wie jetzt zwischen den beiden Faraglioni. Die Oberfläche des höheren, westlichen Zylinders ist gegen W in wenigen Terrassen abfallend und in dieser Richtung, sowie gegen NW von Thaleinsenkungen durchzogen, die des östlichen ringsum mit aufragenden Spitzen besetzt, und sein vertikal abfallender Südostrand zackig eingeschnitten. Jeder dieser beiden Zylinder hat an der Ostseite seinen fast von NNO—SSW streichenden Höhenzug.

Die ca. 600 *m* hohe Spitze der Westinselhälfte, der Solaro, fällt gegen W und NW in mehreren Terrassen allmählich ab; die mehrspitzige östliche Hälfte hat gleichfalls an dem Ostende ihre grösste Erhebung, den 340 *m*-hohen Monte di Tiberio, an den nach S der 260 *m* hohe Telegrapho, nach W der bis 245 *m* hohe St. Michele sich anschliesst; an ihrem Südwestrande erhebt sich der 250 *m* hohe Castiglione; zwischen Michele und Telegrapho zieht sich vom Tiberio ein Höhenzug herab, der beim Städtchen Capri endet, welches neben der Höhe des jüngsten quartären Gebietes dieser Inselhälfte liegt. Auf der gegenüberliegenden Seite der Depression befinden sich auf der Westhälfte der Insel die Ortschaften Anacapri (300 *m*) und Caprile.

Die Oberfläche der Insel — mit Ausnahme der zwischen beiden Inselhälften befindlichen —, soweit sie im übrigen durch die Kultur nicht verändert wurde, hat das Ansehen eines hohe Wellen treibenden Meeres, und auch unter den Kulturterrassen, welche die unteren, erdreicheren Abhänge bedecken, erkennt man bei ihrer Bearbeitung die mehr oder minder deutlich nebeneinander gereihten, seltener netzig verbundenen Felshöcker. Die Oberfläche dieser, ca. meterhohen Höcker ist so eigentümlich von abwärts gerichteten und sich verbreiternden, auch hier und da sich zu sogenannten Gletschertöpfen, Riesenkesseln, vertiefenden Rinnen ausgefurcht, dass man sich in ihrer Mitte in ein Schrattenfeld der Schweizer Alpen versetzt glaubt. An den tiefer als 100 *m* über dem Meere gelegenen, übrigens dort selten vorkommenden Abhängen sind die charakteristischen Formen dieser Schratten selten noch wohl erhalten vorhanden; sie scheinen an solchen Orten von der Brandung zerstört. Verf. giebt eine geologische Beschreibung Capri's zum grossen Teile auf Grund eigener Wahrnehmungen, wegen deren auf das Original zu verweisen ist.

Die Insel Pantelleria ist von A. Dannenberg besucht und geschildert worden[1]). Etwa auf gleicher Breite mit Tunis, 2° östlich davon (12° östl. Länge von Greenwich, 36° 45′ nördl. Breite), erheben sich ihre rein vulkanischen Bergmassen zu einer Höhe von mehr als 800 *m* aus einem Meeresbecken, dessen Tiefen rings

[1]) Gaea 1895. p. 653 u. ff.

herum rasch zu 500—1000 *m* abfallen. Dieser Umstand allein verrät schon genugsam, wie gewaltig und andauernd die eruptive Thätigkeit gewesen sein muss, die diese — und ursprünglich wohl noch grössere — Massen hier aufzutürmen vermochte.

Das Meer zwischen Sizilien und Afrika ist ausgezeichnet wie wenig andere durch das wiederholte Hervorbrechen vulkanischer Feuerbildungen aus seinen Fluten. Am bekanntesten ist die kurze Geschichte der auf solche Weise im Jahre 1831 entstandenen Insel Ferdinandea (Nerita, Giulia, Graham u. s. w.). Fünfzig Jahre später (1881) soll sich ein ähnliches Ereignis etwas südlich von Pantelleria zugetragen haben; auch hier hatte die so entstandene kleine Insel keine Widerstandskraft und wurde bald von den Wogen begraben. Wieder zehn Jahre später, im Oktober 1891, brachen die feurigen unterirdischen Massen im Westen von Pantelleria, nur drei Kilometer entfernt, aus dem Meere hervor und schufen eine gleichfalls nur zu vorübergehendem Dasein bestimmte Insel, 1 *km* lang, 200 *m* breit und durchschnittlich 10 *m* hoch; eine ähnliche Bildung von 500 *m* Durchmesser entstand im Dezember desselben Jahres wiederum südlich von Pantelleria, wie schon zehn Jahre zuvor, ebenfalls um bald wieder zu verschwinden.

So zeigt sich in wiederholten Aufbrüchen an verschiedenen Stellen eine fortdauernde energische Aktion der unterirdischen Gewalten, indessen haben die Bildungen des Vulkanismus sich nur an zwei Stellen dauernd zu behaupten vermocht: in unserer Insel und in der südöstlich davon gelegenen weit kleineren Linosa.

Die Gestalt der Insel ist einförmig, sie ist etwa zwei Meilen lang und eine Meile breit. Die Oberfläche stellt eine schiefe Ebene dar, die von zahlreichen aufgesetzten Vulkankegeln unterbrochen wird. Dauernde Wasserläufe fehlen; an der Oberflächengestaltung hat hauptsächlich nur die vulkanische Thätigkeit Anteil. Als ihr Hauptwerk zeigt sich der dominierende Bau der Montagna Grande, des im südlichen Drittel der Insel liegenden Zentralgebirges, eines breiten Rückens mit 836 *m* Meereshöhe, eng verbunden mit dem südöstlich anschliessenden 700 *m* hohen Monte Gibelé; eine 600 *m* hohe Einsattelung trennt beide Gipfel. Sie bilden den eigentlichen Kern der Insel und stellen zugleich das älteste an der Oberflächenbildung beteiligte Glied der Eruptivformationen dar, nicht das älteste überhaupt.

Die übrigen Berge der Insel sind entweder den Flanken des erwähnten Zentralstockes als parasitischer Krater aufgesetzt oder umgeben jenen rings im weiten Kreise.

Während die ältesten und höchsten Gipfel — Mga. Grande und Mte. Gibelé — keine unmittelbar zugehörigen Laven aufzuweisen haben, besitzen die sie umgebenden jüngeren Vulkane solche in grosser Zahl und von gewaltiger Massenhaftigkeit, die ebenfalls ein sehr wesentliches, formbildendes Element der Oberflächengestaltung darstellen. Neben den Erhöhungen tritt ein für vulkanische

Gebiete charakteristischer Bildungsprozess in handgreiflichster Deutlichkeit vor Augen: die Bodensenkungen, das sogen. »Nachsacken« der Oberfläche, das als unmittelbare Folge der fortgesetzten Massenentleerungen aus so vielen Kratern aufs engste mit den eruptiven Vorgängen verknüpft ist.

Auf der Insel selbst dürften alle Wege von dem Herde der Tiefe zur Oberfläche mit erstarrten Massen endgültig verschlossen sein. Hier finden wir nur noch schwache Anzeichen der noch nicht ganz erloschenen Erdwärme in Gestalt von Dampfausströmungen, Fumarolen. Die schönsten und ergiebigsten Fumarolen liegen auf dem Südabhange der Mga. Grande und führen den Namen »le Favare«; mehrere ähnliche liegen ganz in der Nähe. Weniger bedeutende Dampfmengen entströmen auch sonst vielfach dem Boden, z. B. auf dem flachen Kraterrande der Cuddia Mida, stets ohne Beimengung anderer Gase.

An den tiefsten Stellen der Insel, namentlich am Strande flacher Meeresbuchten und ebenso am Boden des Bagno entspringen heisse, alkalische Mineralquellen als weitere Zeugen der im Inneren der Eruptivmassen noch bewahrten Wärme. Der Bagno selbst ist ein grosses Reservoir alkalischen Wassers. Mehrere heisse Mineralquellen entspringen unmittelbar an seinem flachen Ufer noch unter dem Wasserspiegel.

Die nähere Bestimmung des geologischen Alters der Insel und ihrer einzelnen vulkanischen Formationen bietet grosse Schwierigkeiten infolge der völligen Abwesenheit aller sedimentären Bildungen, mit Ausnahme des jungen Alluviums.

Die Eruptivmassen der Insel treten in allen möglichen Lagerungsformen auf: als plateauartig ausgedehnte Tafeln (das der ältesten Periode angehörende Fundament), als mächtige, massive Kuppeln, als Kraterberge, diese wieder unter sich in Bau und Aussehen vielfach verschieden, als Laven in Form dünner, flach ausgebreiteter Decken oder mächtiger, kleine Bergrücken bildender Ströme, schliesslich als lose Massen, die bei den älteren Gesteinen Bimssteinform annehmen, bei den jüngeren basaltischen als Schlacken und Bomben erscheinen. Noch feineres Material: Lapilli, Sande, Aschen treten dagegen nur sehr untergeordnet auf, und somit spielen geschichtete Tuffe keine bedeutende Rolle in dem Gesamtaufbau. Für den landschaftlichen Charakter massgebend sind neben der dominierenden Kuppel der Mtga. Grande in erster Linie die Kraterberge, von denen eine wahre Musterkollektion verschiedener Typen vorliegt. Die wunderbarsten und grossartigsten bilden eine Gruppe für sich, die der massigen Krater. Sie bestehen gänzlich aus festem Gesteine. Ein furchtbarer, steilwandiger Kraterschlund, umschlossen von mauerartigen, wild zerklüfteten und gezackten Wänden, nimmt den Gipfel ein. Mächtige Blöcke desselben Gesteins bedecken die äusseren Abhänge und den Kraterboden. Dagegen fehlen alle feineren Auswurfsprodukte, so dass diese eigentümlichen

Vulkanbildungen einen von den gewöhnlichen geschichteten Tuffkratern völlig verschiedenen Typus darstellen. Der in seinen Abmessungen gewaltigste Krater dieser Gruppe ist der des 700 *m* hohen Mte. Gibelé, des östlichen Nachbars der Mtga. Grande, gebildet von dem alten Andesite des Zentralmassivs. Die übrigen Krater dieser Art gehören sämtlich der nächstfolgenden Periode an, der der älteren trachytischen Ausbrüche. Bei ihnen entwickelt sich dieser Typus zu geradezu furchtbaren Formen durch die wilde Zerrissenheit, die scharfen Zacken des obsidianartigen, schwarzen Gesteines, das noch fast seine ganze Frische bewahrt hat. Zahlreiche Vulkane dieser Periode zeigen eine solche Ausbildung. Von vielen haben sich mächtige Lavaströme ergossen, z. B. beim Mte. Gelkamar und Mte. Gelfiser, andere stehen ohne solche für sich allein da, nur mit einer kurzen, dicken, fladenähnlichen Ausbreitung ihrer zähen Masse am Fusse, wie die beiden Monti Gibelé.

Zahlreiche andere Vulkane, in verschiedenen Teilen der Insel und verschiedenen Perioden angehörig, sind Anhäufung losen Auswurfsmateriales, also dem gewöhnlichen Typus der Schichtvulkane entsprechend. In diese Gruppe gehört eine andere Reihe von Vulkanen der älteren trachytischen Eruptivperiode, aus dem gleichen Materiale aufgebaut wie jene rauhen Felsen der massigen Krater, aber in ganz anderer Ausbildung, nämlich als Bimssteine von Faust- bis Kopfgrösse. Diese Bimssteinkrater, in ihrer Art ebenfalls sehr charakteristisch für diese Formation, zeigen nichts von den bizarren Formen der gleichzeitigen massigen Kraterbildungen, vielmehr eine äusserst regelmässige Gestalt mit sanften Umrisslinien; einer der schönsten vielleicht ist der vorzüglich erhaltene der Cuddia Mida.

Am häufigsten sind die Aufschüttungskrater in dem vorwiegend basaltischen NW-Teile der Insel. Hier zeigen sie, als die jüngsten Gebilde, die vorzüglichste Erhaltung; ihre kahlen schwarzen oder auch brennend roten Wände, ihre modellartige Stumpfkegelform mit ringsum scharf abgesetztem Fusse kennzeichnen sie schon von weitem auf das Untrüglichste. Neben den Vulkankegeln treten Lavaströme unter den Oberflächenformen am auffälligsten hervor. Der die Insel an dem flachen, der Schiffahrt allein zugänglichen NW-Ende betretende Reisende bemerkt zunächst die ins Meer vordringenden schwarzen basaltischen Ströme, die mit ihrer rauhen, völlig pflanzenleeren Oberfläche durchaus irgend einer jüngeren vesuvischen Blocklava gleichen. Ihre Mächtigkeit ist meist gering, und häufig sieht man sie mit nicht minder rauher Unterfläche ihrer Basis auflagern.

Sobald wir uns aber auf irgend einem Wege dem höher ansteigenden SO-Teile der Insel zuwenden, treffen wir bald auf eine andere, ungleich grossartigere Form von Laven. Es sind die glasigen Ströme der älteren trachytischen Periode, die ebenso durch ihre gewaltige Ausdehnung wie durch ihre furchtbar wilde Oberfläche imponieren und darin den gleichzeitigen massigen Kratern, aus denen sie vielfach ergossen sind, in keiner Weise nachstehen. Die mächtigen

Laven Gelkamar, Gelfiser, Cuttinar, Khagiar sind hervorragende Vertreter dieser Gruppe. In den bizarrsten Formen, wie Baumstümpfe, schaumgekrönte Wellen oder vielleicht noch besser oft einem riesigen Blumenkohle von 3—4 *m* Höhe ähnlich, kräuselt sich ihre glasig erstarrte Oberfläche. Weite Strecken sind mit mächtigen, hoch aufragenden Laven solcher Art bedeckt. Besonders gewaltig erscheinen sie da, wo sie sich als Vorgebirge ins Meer hinaus schieben, mit ihren ringsum steil abfallenden Flanken und dem hohen zackigen Rücken einen unvergleichlichen Anblick gewährend. Beispiele dieser Küstengestaltung sehen wir in der Punta Spadillo, dem vorgeschobenen Ende der Lava Khagiar und der ähnlichen Punta di Fram, von der Lava Gelkamar gebildet.

Die Maltagruppe schilderte O. Lenz [1]). Diese Inseln bilden nur einen über das heutige Meeresniveau erhobenen Teil einer gewaltigen unterseeischen Bank, welche Sizilien mit der gegenüberliegenden afrikanischen Küste verbindet, und die von der 200 Meter-Tiefenlinie umschlossen wird, östlich und westlich dieser Bank fällt das Meer schroff zu bedeutenden Tiefen ab. Ebenso finden wir in Südsizilien dieselben geognostischen Bildungen wie auf Malta; auch die näher der afrikanischen Küste gelegenen Inseln Lampion und Lampedusa gehören der Tertiärformation an, während Pantelleria und Limosa vulkanische Erhebungen darstellen. Malta gehört also im geographischen Sinne zweifellos zu Sizilien, mit dem es auch noch in der jüngsten geologischen Vergangenheit verbunden war. Eine Senkung des Meeresspiegels um etwa 30 *m* würde genügen, um diese Verbindung beider Inseln wieder herzustellen, und die Vereinigung Italiens mit dem nordafrikanischen Festlande würde eintreten, wenn das Mittelländische Meer etwa um 100 *m* fallen würde.

Der maltesische Archipel besteht aus den zwei grösseren Inseln, Malta und Gozo, zwischen beiden liegen die kleinen Felseneilande Comino und Cominotto nebst einigen Riffen, und im Süden der Hauptinsel auch einige unbewohnte Felsen, die unter dem Namen Filfola bekannt, von einem sehr seichten, nur 5 *m* tiefen Meere umgeben sind. Die Hauptinsel ist 32 *km* lang, 15.5 *km* breit; Gozo 16.65 *km* lang, und 8.32 *km* breit; Comino 2.08 *km* lang und 1.85 *km* breit. Die höchste Erhebung befindet sich im Südwesten der Hauptinsel mit etwa 258 *m*. Die Zahl der Bewohner ist verhältnismässig sehr gross; man nimmt 160 000 Seelen an, einschliesslich etwa 10 000 englische Soldaten und andere Fremde.

Malta und Comino sind durch eine Grabenversenkung getrennt, in welcher sich die kleinen Inseln Comino und Cominotto erheben, beide getrennt von den grösseren Inseln durch den nördlichen und südlichen Cominokanal. Die etwa 47 *km* lange Längsaxe der

[1]) Deutsche Rundschau f. Geographie 1895. 18. p. 1 u. ff.

Gruppe verläuft in der Richtung von Nordwest nach Südost. Die Steilküste herrscht fast überall vor; der Nordosten ist reicher gegliedert, als der geschlossene Steilabbruch nach Südwesten. Die Brandung der Wogen, Bruchlinien in den etwas nach Nordosten einfallenden Schichten und Niveauverschiebungen haben hier tief einschneidende Buchten geschaffen, die auch als überflutete Flussthäler aufgefasst werden.

Die klimatologischen Verhältnisse können nicht als besonders günstige bezeichnet werden; die Gruppe gehört natürlich in die Region der Sommerdürre und Winterregen, aber der Regenfall ist gering. Das Jahresmittel der Temperatur beträgt 19° C.; das Mittel im Januar 13° C., im Juli (bezw. August) 26.2° C. Die Winter gelten allerdings als sehr mild, aber die Stürme sind häufig und heftig, besonders die Nordwinde, während der von Afrika herüberwehende Sirocco entnervend wirkt; obgleich ein trockener Südwestwind, führt diese Luftströmung bei ihrem Eintreffen auf Malta viel Wasserdampf, so dass das Strassenpflaster feucht wird.

Die jährliche Regenmenge ist zu 608 *mm* berechnet worden; davon fallen 72.1 % auf den Winter, 17.6 % auf den Frühling, 4.0 % auf den Sommer und 9.9 % auf den Herbst. Die ungleichmässige Verteilung der Niederschläge während eines Jahres ist sehr ungünstig für die Quellenbildung; auf kurze Zeit entstehen reissende Giessbäche, den grössten Teil des Jahres aber sieht man nur trockene Erosionsschluchten. Das Regenwasser wird schnell, soweit es nicht verdampft, von dem porösen, weichen Kalksteine aufgesaugt und sammelt sich an einer tieferliegenden Thon- und Mergelschicht; an der Grenze beider Formationsglieder finden sich dann zuweilen natürliche Quellen oder könnten wohl künstlich erbohrt werden.

Entsprechend der Einförmigkeit der Terrainverhältnisse, dem Mangel an Flüssen und Bergen, Seen oder Sümpfen, ferner infolge des geringen Regenfalles und der häufigen Stürme ist die Flora auf der maltesischen Inselgruppe — fast identisch mit derjenigen Siziliens — überaus arm an Arten und Gattungen. Nach Prof. Gulia sollen 84 Ordnungen vertreten sein mit etwa 900 Spezies, darunter einige wenige für Malta eigentümlich. Vorherrschend sind Gramineen und Leguminosae compositae; eigentümlich ist die ungleichmässige Verteilung der Spezies über die Inseln, von denen viele auf kleine Territorien beschränkt sind. Trotzdem sind die Inseln zur Frühlingszeit besonders in den Schluchten mit zahllosen Blumen bedeckt; Bienen sind sehr häufig, und die Gewinnung von Honig bildet keinen unwichtigen Erwerbszweig; auch die Rosen von Malta waren schon im Altertume berühmt, und Honiginsel, Melita, wurde die Insel genannt.

Die einheimische Fauna — vorherrschend Nager — ist natürlich auch unbedeutend; Malta besitzt jetzt acht einheimische Landvögelarten und drei Arten von Wasservögeln als ständige Bewohner,

dagegen werden die Inseln sowohl im Winter, wie im Sommer von zahlreichen Wandervögeln vorübergehend besucht, man zählt deren 278 Arten auf; es ist ein günstig gelegener Ruhepunkt für den Zugvogelverkehr zwischen Afrika und Europa. Einige dieser Zugvögel verbringen nur wenige Stunden auf den Inseln, andere Tage und Wochen, selbst Monate, um da zu brüten. Kleinere Amphibien- und Insektenarten kommen natürlich ziemlich zahlreich vor. Eine Hundeart, die früher sehr bekannt war, scheint völlig ausgestorben zu sein, und unter den Haustieren sind vor allen Ziegen hervorzuheben, Schafe von ziegenähnlichem Habitus (wie in Afrika), Esel, Maultiere, Pferde und Rinder werden gleichfalls gezüchtet.

Die Gesteine der Maltagruppe gehören ausschliesslich der Tertiärformation an. Vielfach sind die Tertiärablagerungen von quaternären Bildungen bedeckt, insbesondere von Terra rossa und von Flussgerölle, die sich auch häufig in Klüften und Höhlen finden und die Lagerstätte ausgestorbener diluvialer Säugetiere sind. Murray fand in einer solchen quaternären Ablagerung Fragmente eines schwarzen Kalksteines, der auf Malta anstehend nicht vorkommt.

Der ganze Schichtenkomplex ist von Brüchen durchzogen, die teils senkrecht auf der von Nordwest nach Südost verlaufenden Längsaxe der Inselgruppe stehen (besonders auf der Hauptinsel Malta), teils einen anderen Verlauf haben, wie auf Gozo; solche Dislokationen sind recht häufig, und diese, sowie die ausgesprochene Neigung des Schichtenkomplexes nach Nordosten lassen den Aufbau der Inseln im allgemeinen recht deutlich erkennen. Denudationserscheinungen an der Oberfläche durch die Wirkung der Winde sind gleichfalls häufig zu beobachten.

Von den verschiedenen Gesteinen ist der »blaue Thon«, der den oberen Korallenkalk und auch den verhältnismässig nicht sehr wenig verbreiteten Grünsand unterteuft, in technischer Beziehung von besonderer Bedeutung, da er die einzige wasserführende Schicht auf den Inseln darstellt. Das Wasser wird durch Brunnen gewonnen, in unterirdischen Stollen gesammelt oder auch in Wasserleitungen den Ortschaften zugeführt. Diese Wasseranlagen stammen wohl meist von den besten Hydrotechnikern des Orientes, den Arabern her; die grosse, nach La Valette, der Hauptstadt, führende Wasserleitung, deren lange Bogenreihen weit in das Land hineinreichen, stammt allerdings erst aus dem Jahre 1610.

Der maltesische Archipel ist nicht frei von Erderschütterungen, die ja überhaupt, sei es infolge tektonischer Störungen oder durch vulkanische Ausbrüche verursacht, in jenen Gegenden des Mittelmeeres nicht selten sind; und ebenso will man in rezenten Zeiten noch Strandverschiebungen beobachtet haben, beziehentlich ein Untertauchen einzelner Küstenstrecken, die sich unter anderem auch daraus nachweisen lassen, dass gewisse Kunstbauten sich jetzt unter dem Meeresniveau befinden.

Die Färöergruppe schildert das neueste dänische Segelhandbuch, aus welchem diese Schilderung von Kapitän Broeker übersetzt wurde[1]). Die Inseln bestehen aus einer Gruppe von 18 grösseren und kleineren Inseln, welche auf ungefähr 62° nördl. Br. und 7° westl. L. auf dem unterseeischen Rücken liegen, der die Nordseebänke mit Island verbindet und die tiefen Bassins des Eismeeres und des Atlantischen Ozeans scheidet. Die Inseln sind vulkanischen Ursprunges und gehören der miocänischen Periode an, sie ragen namentlich an der Nord- und Westseite steil aus der See und sind voneinander durch tiefe Sunde getrennt, von welchen manche nur ganz schmal sind. Ihre Lage im Golfstrome und der warme atlantische Strom, welcher südlich von Island herüber gegen Norwegens Westküste fliesst, geben ihnen im Verhältnisse zu ihrer hohen Breite ein mildes, aber feuchtes und unbeständiges Klima. Die Jahresmitteltemperatur ist 6.5° C.; das Meer um sie herum gefriert nie, und der Schnee verschwindet im Sommer selbst von der höchsten Bergspitze, welche eine Höhe von 2800 dänischen Fuss erreicht. Die Niederschläge sind sehr reichlich, ungefähr dreimal so gross wie in Kopenhagen; Nebel sind namentlich in den Sommer- und Spätjahresmonaten sehr häufig.

Die Einwohner ernähren sich mit Fischerei und Schafzucht, sowie den damit in Verbindung stehenden Erwerbszweigen.

Die Ansteuerung der Inseln wird sehr oft durch Nebel gefährdet; aber eigentlich ist es nur die südlich von Suderö liegende Klippe Munken, welche bei unsichtigem Wetter Segelschiffen einige Gefahr bereitet. Die 100 Faden-Linie läuft überall in einem Abstande von 10 bis 20 Seemeilen um die Inseln, ausserhalb dieser Linie nehmen die Tiefen sehr schnell zu, während sie innerhalb gegen die Küste hin einigermassen gleichmässig abnehmen.

Mehrere Inseln oder einzelne Teile derselben sind sehr charakteristisch durch ihre Gestalt, wie z. B. Store Dimon und Lille Dimon, Skaalhoved und die steilen Berge auf der Nord- und Westküste.

Zur Orientierung für von Westen kommende Schiffe dient zugleich die sogenannte Färöbank; sie hat ihre grösste Ausdehnung von NNO nach SSW, wo sie innerhalb der 100 Faden-Grenze ungefähr 50 Seemeilen lang ist, während die Breite ungefähr 25 Seemeilen beträgt. Ausserhalb der genannten Grenze wachsen die Tiefen plötzlich auf 200 Faden und darüber. Der grösste Teil der Bank besteht aus einem nahezu ebenen Plateau mit 50 bis 70 Faden Tiefe, auf welchem der Boden aus Sand mit Muscheln besteht.

Zwischen dieser Bank und dem Plateau, worauf die Färörinseln liegen, findet man eine Gruppe von Klippen, welche vom

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1895. p. 345 u. ff.



——— relativ große
-·-·-·- normale
- - - - - relativ kleine

Schwere (Einheiten der 5. Dezimale von g)

Linien gleicher Schwereabweichung im Gebiet der Adria.

Lith. Anst. v. F. A. Funke, Leipzig.

Jahrbuch VI. 1895. Tafel 4.

Ed. H. Mayers Verlag, Leipzig.

Grunde steil aufragen; auf ihnen findet man 80 bis 100 Faden Wasser, aber zwischen ihnen grosse Tiefen.

Die Färöbank wird jährlich von vielen dänischen und fremden Fischern besucht, welche hier einen häufig reichen Dorsch- und Kabliaufischfang betreiben. Der Strom um die und zwischen den Inseln, verursacht durch Ebbe und Flut, ist sehr stark.

Die Galápagos-Inseln schildert auf Grund eigener Untersuchungen Dr. Th. Wolf[1]).

»Die Inseln liegen über eine Wasserfläche von mehr als 60000 *qkm* zerstreut, doch berechnet sich die Gesamtmasse ihres Landes nur auf etwa 7430 *qkm*, von denen dann wieder über die Hälfte, nämlich 4270 auf die grösste der Inseln, auf Albemarle fallen, das 140 *km* lang und im Durchschnitte 25 bis 30 *km* breit ist. Indefatigable hat 1020, Narborough 650, James (Santiago) 570, Chatham 430, Charles (Floreana) 140 *qkm*; der Rest von 350 *qkm* verteilt sich unter die übrigen kleineren Inseln, von welchen gewöhnlich noch Hood und Barrington, Duncan und Jervis, Abington, Bindloe und Tower namentlich aufgeführt werden, so dass sich also 13 Inseln ergeben, abgesehen von den vielen kleineren Eilanden und Felsen, welche teils isoliert zwischen ihnen, teils in ihrer unmittelbaren Nähe auftauchen. Wie ein Blick auf die Karte lehrt, befindet sich die Hauptmasse des Landes mit den fünf Hauptinseln zwischen dem Äquator und dem ersten Grade südlicher Breite. Nur drei kleine Inseln (Abington, Bindloe und Tower) fallen nördlich vom Äquator, und zwei nicht viel grössere (Charles und Hood) südlich vom ersten Grade südl. Br.

Was die geologischen und die innig damit zusammenhängenden topographischen Verhältnisse der Galápagos-Inseln anbelangt, so sind dieselben sehr klar und einfach. Wir haben hier eines der schönsten Beispiele einer rein vulkanischen Inselbildung durch Aufhäufung von Eruptivmaterial. An keiner Stelle tritt eine alte nicht-vulkanische Formation zu Tage, nirgends ist der einfache geologische Bau durch gewaltsame Umwälzungen, Verschiebungen oder Verwerfungen gestört; selbst die Oberfläche der Inseln hat durch Erosion kaum etwas von ihrer ursprünglichen Gestalt eingebüsst, mit Ausnahme einiger der Meeresbrandung ausgesetzten Küstenbildungen.

Wir müssen eine ältere und eine jüngere Eruptionsperiode unterscheiden. Während der ersten geschahen die Ausbrüche unterseeisch, und diese mussten ein ganz enormes Material liefern, um auf dem sehr tiefen Meeresgrunde eine Basis aufzuschütten, auf welcher die späteren überseeischen Vulkanberge sich aufbauen konnten. Petrographisch zeichnet sich die alte vulkanische Basis durch das Vorherrschen von Palagonittuffen und anderen sandsteinartigen, deutlich stratifizierten Tuffen aus, während die jüngere vulkanische Formation, soweit wir sie überseeisch beobachten können, ganz aus grossartigen Lavaströmen und Lavadecken mit aufgesetzten Schlackenkegeln, fast ganz ohne Tuff-Bildungen, besteht.

Die alte Tuff-Formation tritt nirgends in ausgedehnten Massen auf, sondern zeigt sich nur sporadisch, fast immer in Form von weiten, hufeisen- oder halbmondförmigen Kratern im tiefsten Teile der Inseln von Lava umflutet, oder in deren Nähe aus dem Meere aufragend, aber nie auf den inneren und hochgelegenen Inselteilen. Stehen die Tuffkrater frei im Meere, oder springen sie als kleine Vorgebirge ins Meer hinaus, was häufig der Fall ist, so sind sie von der Brandung teilweise zerstört und auf einfache Kuppen oder unregelmässige Klippen reduziert, aber das Einfallen der Schichten lässt sie auch dann gewöhnlich noch als Reste einer Kraterumwallung erkennen. Die offene Seite der Caldera, oder ihr niedrigster Rand, ist stets

[1]) Vhdlg. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1895. **22.** No. 4 u. 5. p. 246.

und ganz unabhängig von ihrer Stellung zu den modernen höheren Inselgebirgen, nach Süden oder Südosten gerichtet, was wohl darauf hinweisen dürfte, dass schon zur Zeit ihrer submarinen Entstehung die herrschende Meeresströmung wie heute noch von SO nach NW lief.

Die alte Tuff-Formation finden wir in besagter Weise auf Chatham, Floreana, Indefatigable, Santiago und Albemarle und auf den diese Inseln umgebenden kleinen Eilanden. Auf den übrigen Inseln fehlt sie oder ist wenigstens für uns durch die neuen Lavaüberflutungen unsichtbar geworden; aber wir dürfen wohl annehmen, dass sie unterseeisch weit verbreitet sein und die gemeinsame Basis dieses ganzen Vulkangebietes ausmachen wird, von welchem wir in den Inseln doch nur die höchsten Teile vor uns haben. Vielleicht wäre uns die Tuff-Formation überhaupt nie zu Gesicht gekommen, wenn nicht eine Hebung des alten Vulkangebietes oder wenigstens eines bedeutenden Teiles desselben stattgefunden hätte. Auf eine solche von wenigstens 100 *m* schliesse ich aus dem Funde von — allerdings seltenen — Meeresmuscheln in den Tuffschichten bis zur besagten Höhe. Die höchsten Tuffberge ragen allerdings fast 300 *m* über das Meer empor; allein ich wage es nicht, sie bis zu dieser Höhe als submarine Bildungen anzusprechen, erstens, weil ich höher als 100 *m* keine Reste von Meerestieren darin fand, und zweitens, weil die oberen Tuffschichten nicht mehr den festen palagolitähnlichen Habitus zeigen, wie die unteren, sondern aus weit lockererem Materiale bestehen, das auch überseeisch aufgeworfen sein könnte. Die Höhe, bis zu welcher der echte Palagonittuff mit spärlichen Muschelresten reicht, ist auf allen Inseln so ziemlich dieselbe und dürfte 100 *m* kaum überschreiten. Ich stelle mir die Hebung als eine sehr gleichmässige, ruhige und wahrscheinlich sehr langsame vor, da sich die Tuffkrater bei diesem Vorgange so vortrefflich erhalten haben, und nirgends in ihren Schichten Verwerfungen zu beobachten sind. Die Hebung dürfte auch vor dem Hauptergusse der grossen modernen Lavaformationen beendet gewesen sein; denn nirgends findet man in den Produkten der letzteren ein Anzeichen, dass sie aus dem Meere gehoben wären.

So interessant nun für den Geologen das sporadische Auftreten der alten Tuff-Formation auch ist, so tritt sie doch ganz in den Hintergrund bei der überseeischen topographischen Ausbildung der Inseln. Diese gründet sich in ihren Hauptzügen wie in ihren einzelnen Teilen vorzüglich auf die relativ junge Lavaformation.

Ob die neueren Lavaergüsse so direkt mit der älteren Bildung der Tuffkrater zusammenhängen, dass sie aus diesen erfolgten, können wir bestimmt weder bejahen, noch verneinen, denn möglicherweise liegen solche Tuffkrater unter den hohen Schlackenbergen begraben; aber merkwürdig ist es immerhin, dass aus den uns noch zugänglichen Tuffkratern fast niemals sich Lava ergossen hat. In manchen Fällen ist die Lava durch ihre offene Seite von höher gelegenen Punkten hineingeflutet, aber unter den mehr als 40 Tuffbergen, die ich gesehen, fand ich nur zwei, in welchen sich ein eigentlicher, dort ausgebrochener Schlackenkegel befand, wo also ein dem Vesuv und der Somma ähnliches Verhältnis vorlag. Der eine dieser Punkte ist die Cormorant-Spitze auf Floreana, und der andere ein sehr regelmässiger kleiner Tuffberg am Kap Berkeley auf Nord-Albemarle, aus dessen Gipfelkrater ein schwarzer Schlackenkegel herausschaut, und über dessen Abhang sich ein schmaler Lavastrom bandartig herabzieht. Auch in diesen beiden Fällen halte ich die Verbindung der alten und der neuen Formation nur für eine zufällige, und da Dutzende von Ausbruchstellen und Gängen in der nächsten Umgebung der genannten Punkte liegen, ist es ja nicht zu verwundern, wenn die Lava zufällig auch einmal ihren Ausweg durch einen Tuffkrater nahm. Im allgemeinen aber scheint sie sich gar nicht um die alten, wahrscheinlich längst verstopften Krater gekümmert, sondern sich neue Auswege gebahnt zu haben.

Darwin schätzt die Zahl der Krater, welche über die Galápagos-Inseln zerstreut liegen, auf mehr als zweitausend. Diese Schätzung mag nicht

übertrieben sein, wenn man dabei all die kleinen, oft nur 50 *m* hohen Aufbruchstellen am Fusse und auf den Abhängen der grossen Kraterberge mitzählt; aber es wäre durchaus unberechtigt, wenn man von ebensovielen Vulkanen sprechen wollte. So wenig wie wir die vielen Eruptionskegel auf den Abhängen des Ätna als besondere Vulkane auffassen dürfen, ebensowenig ist diese Auffassung hier gestattet. Die Zahl der eigentlichen Vulkanberge, d. h. solcher, welche durch einen Eruptionskanal unmittelbar mit dem tiefliegenden vulkanischen Herde dieser Region in Verbindung stehen oder standen und sich durch eine gewisse topographische Selbständigkeit kennzeichnen, ist sehr beschränkt und dürfte 25 nicht überschreiten. Es giebt mehrere Inseln, welche nur aus einem einzigen Vulkanberge bestehen; dahin gehören besonders die kleineren, wie Abington, Bindloe, Hood, Duncan u. s. w., aber auch ein paar der grösseren zeigen dieses Verhältnis sehr schön, so Indefatigable und noch besser Narborough. In anderen Fällen verschmelzen zwei oder drei nahestehende Vulkanberge zu einem langgestreckten Gebirgszuge, wie auf Santiago, Süd-Albemarle und Süd-Chatham. Die zwei zuletzt genannten Inseln bestanden übrigens lange Zeit aus je zwei getrennten Inseln, und diese Inselpaare wurden erst durch die neuesten Lavaergüsse vereinigt. In beiden Fällen, auf Albemarle und auf Chatham, besteht der die Nordhälfte mit der Südhälfte verbindende Isthmus aus einem nur wenige Meter über dem Meere liegenden, schlackigrauhen Lavafelde. Auch die langgestreckte Nordhälfte von Albemarle ist offenbar ihrerseits wieder aus drei ehemals getrennten Inseln entstanden, von denen jede einen kolossalen Zentralkrater besass, obwohl die beiden sie jetzt verbindenden Rücken einige hundert Meter über das Meer emporragen. In allen Fällen sieht man deutlich, wie sich die Inseln von gewissen Zentralpunkten aus durch massenhafte Lavaergüsse vergrössert und ihren Umfang nach allen Richtungen zumal oder nach einer vorherrschend ausgedehnt haben, während sie zugleich an Höhe zunahmen. Nicht immer ist über der Zentralstelle ein grosser Krater vorhanden oder erhalten geblieben. Bei den meisten Inseln stellt der vulkanische Bau eine flachgewölbte Kuppe mit mehreren aufgesetzten Kegeln dar; nur im westlichen Teile des Archipels, auf Albemarle und Narborough, traten dafür hohe steile Kegelberge mit enorm grossen Gipfelkratern auf. Die Höhe der Inseln steht mit ihrem Umfange im Verhältnisse. Die kleineren (Hood, Barrington, Duncan, Abington und Bindloe) erheben sich nur 200 bis 500 *m*, die mittleren (Floreana, Chatham, Santiago und Indefatigable) 600 bis 700 *m*, während die grösste, Albemarle, an ihrer Südwestspitze direkt aus dem Meere zu 1400 *m* aufsteigt. Ihre vier Riesenkrater und der ebensogrosse von Narborough erreichen merkwürdigerweise alle fast genau dieselbe Höhe von 1100 *m*.

Darwin will die Inseln und ihre Hauptkrater in vier ziemlich parallele, von SO nach NW streichende Linien ordnen und sie auf ebensovielen »Eruptionsspalten« entstehen lassen. Wenn wir von den drei in der That, aber doch vielleicht nur zufällig linear gestellten Kratern auf Nord-Albemarle absehen, so erscheint diese Gruppierung in Linien als eine sehr willkürliche, und wir können mit gleichem Rechte verschiedene andere Verbindungslinien ziehen. Nach meiner Ansicht haben solche Gruppierungsversuche hier gar keinen Zweck, da wir nicht wissen, wie die sicher vorhandenen unterseeischen Glieder dieser Vulkangruppe auf deren gemeinsamer Basis verteilt liegen.

Was dem Geologen in dieser grossen Vulkanregion auffällt, ist der Umstand, dass lose aufgeworfenes und abgelagertes Material, also vulkanische Tuffe — die alten schon besprochenen Palagonittuffe ausgenommen —, vulkanische Sand- und Aschenlager oder Anhäufungen grösserer Auswürflinge und Bomben ganz fehlen. Überall besteht die Oberfläche aus Lavaströmen und Lavafeldern, welche in der unteren, trockenen Zone unbeschreiblich rauh und nur in der höheren, feuchten, oberflächlich zersetzt und mit einer

schwachen Humusdecke überzogen sind. Aus der Oberflächenbeschaffenheit und der ganzen topographischen Gestaltung dieser Vulkanberge gewinnt man den Eindruck, dass sie durch ziemlich ruhiges, aber massenhaftes Ausfliessen und Aufhäufen von Lava, die bald zäh-, bald sehr dünnflüssig gewesen sein muss, entstanden seien. Über ihren inneren Bau kann man sich allerdings schwer belehren, denn nirgends ist derselbe durch Einsturzthäler oder Erosionsschluchten in Steilwänden aufgeschlossen. Den einzigen Einblick gewähren die Profile, welche die Brandung des Meeres an einigen kleinen Küstenbergen hergestellt hat, und diese Profile bestätigen die ausgesprochene Ansicht, indem sie nur den Durchschnitt von übereinander gelagerten Lavaschichten mit sehr spärlichen Zwischenlagern zeigen, bei welch letzteren man oft unschlüssig ist, ob man sie als Rapilli-Schichten, oder nur als die zerbröckelte Schlackenkruste der unterlagernden Lavabank ansehen soll. Die einzelnen Lavabänke sind oft kaum 1 *m*, oft aber auch über 20 *m* mächtig und zeigen im letzteren Falle hier und da schöne Säulen- und Pfeilerabsonderung.

In der Haupt-Eruptions-Epoche mussten Massen von ungeheurer Mächtigkeit ergossen werden, oder es lagerten sich viele weniger dicke Ströme in so racher Folge übereinander, dass der jeweilig oberste noch nicht völlig erkaltet und erstarrt war, wenn ein neuer ihn überflutete. In beiden Fällen war der Erkaltungsprozess ein langsamer, vielleicht Jahrhunderte währender, und in dieser Zeit der langsamen Erstarrung und Zusammenziehung fanden die sekundären Auf- und Durchbrüche statt, welchen die Hunderte von Schlackenkegeln, mit oder ohne Gipfelkrater, auf den Lavafeldern und Berggehängen ihre Entstehung verdanken, von der wenige Meter hohen Lavablase oder Schlackenanhäufung bis zum 300 *m* hohen Kegel, der aus seinem Gipfelkrater einen Lavastrom ergoss, das Unterste des primären Stromes zu oberst kehrend. Der Herd dieser sekundären oder parasitischen Vulkane war also ein oberflächlicher und gewöhnlich nach einer einzigen Eruption erschöpft.

Aus dem Gesagten lässt sich schon auf die in der That vorhandene grosse petrographische Einförmigkeit dieser Inseln schliessen. Die Inseln bestehen ausschliesslich aus basaltischem Materiale, und zwar scheinen, wenn nicht alle, doch die allermeisten Laven dem gewöhnlichen Feldspatbasalte anzugehören, bald mehr, bald weniger reich an Olivin. Diese Formation ist also auch stofflich sehr verschieden von der noch grösseren, aber zwölf Längengrade östlicher gelegenen des vulkanischen Hochlandes von Ecuador. Die grösste Analogie mit unserem Vulkangebiete findet sich vielleicht im Haurân-Gebirge Nord-Arabiens, wo mit ganz ähnlichem, höchst einförmigem petrographischen Materiale (Basaltlaven) ähnliche Wirkungen erzielt wurden, und die staunenerregenden Lavaergüsse dieselben primären und sekundären Vulkanberge erzeugten wie hier.

Das Alter der Galápagos-Inseln ist jedenfalls geologisch ein sehr jugendliches, und wenn man nicht fürchten müsste, die für die Entwickelung einer so eigentümlichen endemischen Flora und Fauna notwendig scheinende Zeit allzusehr zu verkürzen, möchte man versucht sein, ihre Entstehung ganz in die rezente Erd-Epoche zu verlegen, besonders da selbst die in den ältesten Palagonittuffen gefundenen Muschelreste rezenten Arten anzugehören scheinen Aber mögen auch die Inseln der Hauptsache nach schon in der jüngeren Tertiärzeit existiert haben, so ist es doch sicher, dass die Thätigkeit auf manchen derselben noch längere Zeit fortgedauert hat; ja glaubwürdige Zeugen berichten sogar von Ausbrüchen aus dem grossen Krater von Narborough und einem anderen aus Süd-Albemarle während der historischen Zeit, welche auf diesen Inseln kaum 300 Jahre umfasst. Besonders der nördliche Teil von Albemarle und die ganze Insel Narborough machen auf den Besucher einen viel jüngeren Eindruck, als die östlichen Inseln, weil dort die Vegetation selbst in der ihr günstigen hohen Zone noch kaum Fuss gefasst hat, und diese schwarzen Vulkan-

kolosse dastehen, als ob sie erst vor wenigen Jahren hingesetzt wären. Auf der anderen Seite muss man aber gestehen, dass es sehr schwer ist, Altersschätzungen zu versuchen in einem Lande, in welchem die Erosionswirkungen und infolge dessen auch die Sedimentablagerungen fast ganz fehlen. Es giebt keine einzige Erosionsschlucht, kein einziges Gerölle, mit Ausnahme der von der Meeresbrandung geschaffenen und auf dem Strande hin und her gewälzten. Abgesehen von den erodierten Küsten, liegt auf den Inseln auch ganz oberflächlich noch jeder Stein da und so, wo und wie ihn die vulkanischen Kräfte vor Jahrtausenden hingesetzt haben, in der trockenen Zone ganz frisch, in der oberen feuchten nur oberflächlich verwittert.«

Bezüglich der klimatischen Verhältnisse ist es von Wichtigkeit, dass die Inseln mitten in der kalten peruanischen Strömung liegen, wodurch die mittlere Jahrestemperatur um etwa 6° C. unter diejenige des ecuadorischen Festlandes unter derselben Breite herabgedrückt wird. »Die Regenperiode fällt zeitlich mit der von West-Ecuador zusammen, ist aber viel kürzer. In günstigen Jahren fallen mehrere gewitterartige Regengüsse, besonders in den Monaten Februar, März und April, aber ihre Wirkungen machen sich in den niederen Teilen der Inseln bis zu einer Höhe von 250 *m* kaum bemerkbar. Der Regen wird von der porösen Schlackenlava sofort wie von einem Schwamme aufgesogen und durchgelassen, nirgends bilden sich wenigstens zeitweilige Bäche, Wasseransammlungen oder Quellen, und die spärliche Vegetation der unteren Zone bietet in der Regenzeit keinen erfreulicheren Anblick, sondern dasselbe winterliche, besenreisartige Aussehen wie in der Trockenzeit. Von Mai bis Januar regnet es in der Küstenzone niemals.

Ganz anders verhält sich die höhere, über 300 *m* gelegene Region. Während der kurzen eigentlichen Regenzeit sind dort die Niederschläge auch nicht viel bedeutender als in den tiefen Lagen der Inseln, aber während des langen sogenannten Sommers sind die Berge und Gebirgszüge sehr häufig, von Juli bis November sogar fast beständig in dichte Nebel und Wolken gehüllt, und diese verdichten sich zu den feinen Staubregen (garuas), welche oft tage- und nächtelang ununterbrochen oder mit Zwischenpausen vier- bis sechsmal täglich niedergehen. Man kann sagen, dass es auf den Hochplateaus und den Bergen im Sommer mehr regnet als im Winter, und die anhaltende Feuchtigkeit dieser Periode bringt ganz andere Wirkungen hervor als die wenigen starken Winterplatzregen. Zwar kommt es auch hier nicht zur Bildung von Quellen und Bächen; aber der Boden ist gleichmässig und tief von Feuchtigkeit durchdrungen, die basaltischen Schlackenlaven sind durchschnittlich $^1/_2$ *m* tief zu einer schwarzbraunen, fruchtbaren Erde zersetzt und von einer immergrünen, wenn auch nicht üppigen, doch freundlichen und dicht stehenden Vegetation überzogen. Der Unterschied zwischen der unteren, trockenen und der oberen, feuchten Zone ist so überraschend, und der Übergang von einer zur anderen vollzieht sich, besonders an der Westseite der Inseln, so schnell, dass man zuerst versucht ist, ihn im Wechsel der geologischen Zusammensetzung des Bodens zu suchen. Bald aber überzeugt man sich von der Unhaltbarkeit dieser Annahme, teils durch Untersuchung des Gesteins, teils dadurch, dass man einen der grossen Lavaströme verfolgt, welche in der oberen Region ihren Ursprung nahmen und bis ans Meer hinabflossen.

Die Temperatur ist keinen grossen täglichen Schwankungen unterworfen und das ganze Jahr hindurch ziemlich gleichmässig. In der untersten Zone, bis 100 *m* Höhe, beträgt die Mitteltemperatur dieser Inseln 21° bis 22° C., sie nimmt aber mit der Höhe ziemlich rasch ab. In den Haciendas auf Floreana und Chatham, welche beide fast in derselben Höhe, nämlich in der von 277 und 288 *m* liegen, zog ich aus einer langen Reihe von Beobachtungen das Mittel von 19° C., und für die Pampas auf den Hochplateaus von 400 bis 600 *m* Höhe wird man 17 bis 16° C. setzen müssen, obgleich

bei starken Garuas und starkem Passatwinde das Thermometer selbst am Mittage hier und da auf 14° C. fiel. Auf dem Festlande haben wir unter derselben Breite in solcher verhältnismässig geringen Höhe noch eine Temperatur von 23 bis 24° C. und die prachtvollste Tropenvegetation, während man sich auf den Galápagos-Inseln zwischen dem Büschelgrase und Adlerfarne der Pampas auf die Páramos von Ecuador in 3000 *m* Höhe versetzt wähnt.«

Die Marshallinseln schildert Dr. E. Steinbach[1]), welcher als Arzt der deutschen Regierung 1891 bis 1894 Gelegenheit hatte, dieselben näher kennen zu lernen. Diese Inselgruppe besteht ausschliesslich aus niederen Inseln, welche in zwei ungefähr parallelen, von NNW nach SSO verlaufenden Reihen, von denen die östliche von den Eingeborenen Ratak, d. h. Inseln gegen Tagesanbruch, die westliche Rälik, Inseln gegen Tagesende, genannt wird, angeordnet sind. Sie erstrecken sich über ein Gebiet, das im Süden bis beinahe zu 4° nördl. Br., im Norden bis zum 15. Breitengrade reicht und sich vom 161. bis 173. Grade östl. L. ausdehnt. In diesem Meeresgebiete, das grösser als das Deutsche Reich ist, liegen 34 Inseln mit einer Bodenfläche von nur 5.05, bezw. nach anderen Angaben 35 deutschen Quadratmeilen. Nach einer oberflächlichen, vom Verf. vorgenommenen Schätzung an der Hand der neueren Karten hält er beide Angaben für falsch und glaubt, dass mit acht Quadratmeilen Land ungefähr das Richtige getroffen sein wird. Die Landmasse ist also gegenüber der ungeheuren Meeresfläche ganz verschwindend klein.

Sämtliche Inseln sind Koralleninseln, die meisten derselben stellen Atolle dar; nur einige wenige, wie Lip, Jabwat, Killi, liegen als Einzelinseln im Ozeane.

Die geographische Lage aller dieser Inseln, selbst wie sie auf den deutschen Seekarten dargestellt ist, entspricht, wie die im Gebiete der Gruppe fahrenden Kapitäne der Handelsschiffe zu ihrem Schaden oft bemerken müssen, noch lange nicht den thatsächlichen Verhältnissen; besonders ist die Form der einzelnen Atolle, z. B. beim Atoll Arno, in den Einzelheiten ziemlich falsch aufgezeichnet. Auch die auf den Karten angegebenen Namen der einzelnen Inseln und Inselchen haben oft nur geringe Ähnlichkeit mit dem wirklich vorhandenen. Um diesen Übelständen abzuhelfen, soll in nächster Zeit S. M. S. »Möwe« eine Neuvermessung oder vielmehr die erste Vermessung der ganzen Marshallgruppe vornehmen.

»Der erste Anblick eines Atolls ist, besonders wenn man sich viele Wochen lang auf einem norwegischen Segelschiffe mit seiner Stockfisch- und Teeratmosphäre inmitten der Wasserwüste des Stillen Ozeans gelangweilt hat, ein ganz wunderbarer. Die am Horizonte auftauchenden, in langen Reihen angeordneten Palmwipfel lassen unwillkürlich die Erwartung nach mehr entstehen. Aber je mehr

---

[1]) Verhandlungen der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin 1895. **22.** S. 449 u. ff.

man sich dem Lande nähert, desto deutlicher werden zwar die Palmen, und taucht der helle Sandstrand, davor die schneeweisse Reihe der in der Brandung sich brechenden Wellen auf; hinter der geschlossenen, nur in unregelmässigen Absätzen den einzelnen Inselchen gemäss unterbrochenen Palmreihe sieht man aber wieder das Meer liegen, allerdings nicht mit weissen Schaumköpfen bedeckt, sondern spiegelglatt als ruhigen, stillen Binnensee.

Die Grösse der einzelnen Atolle schwankt in den Marshallinseln innerhalb sehr bedeutender Grenzen. Das Atoll Lai zum Beispiele hat nur einen Durchmesser von vier bis fünf Seemeilen, dagegen ist das Atoll Kwadjelin, das überhaupt eine der grössten derartigen Bildungen der Welt darstellt, der Länge nach weit über 60, der Breite nach an einzelnen Stellen beinahe 20 Seemeilen gross. Die innerhalb seines Riffkranzes gelegene Wasserfläche stellt also ein kleines Meer für sich dar, auf dem bei starkem Nordostpassate schon ein recht netter Seegang vorhanden sein kann.

Ebenso wie die Grösse des Gesamtatolls variiert aber auch die Zahl und Grösse der auf den einzelnen Riffkränzen liegenden Inseln und Inselchen. Manchmal finden sich nur wenige solche Inseln vor, z. B. im Atolle Namrik nur zwei, oft aber steigt ihre Zahl auf 60 bis 80. Während nun die kleinen Einzelinseln oft nur einige 100 Schritte breit und lang sind, oft überhaupt nur aus kleinen Sandbänken oder Korallenhaufen, die mit etwas Buschwerk und einigen Kokospalmen bewachsen sind, bestehen, finden sich auf anderen Atollen ausgedehntere Landstrecken vor. Dabei ist naturgemäss, da das vorhandene Land dem Verlaufe des Riffs folgt, die Längenausdehnung immer eine bedeutendere als die Breite solcher grösserer Inseln. So zieht sich die Hauptinsel des Atolls Medjeru als ununterbrochener Landstreifen 27 Seemeilen hin, während die Breite desselben Landstreifens nur zwischen etwa 100 und 1000 *m* schwankt. Nur an den Ecken der Atolle findet sich manchmal eine auch in der Breite ausgedehntere und beträchtlichere Landmasse vor.

Die einzelnen Inseln überragen dabei bei höchstem Wasserstande meist nur 1 bis 4 *m* den Meeresspiegel; nur an einigen Plätzen, z. B. auf der Insel Ligieb, sind aus Korallensand Dünenbildungen entstanden, die als kleine Hügel eine Höhe bis zu 12 *m* erreichen können. Die Grundlage aller Inseln bildet immer das feste Korallenriff; auf ihm liegen je nach der Örtlichkeit spitzige Korallentrümmer oder weisser Korallensand. Auf den grösseren Inseln, deren Vegetation stärker geworden ist, findet sich auch schwarzbrauner Humus vor, der, meist nur wenige Zolle stark, an einigen Stellen schon grössere Mächtigkeit, bis zu 2 *m* erlangt hat. Streckenweise sind die Anhäufungen loser Steingerölle und Korallentrümmer so ausgedehnt, dass ein Begehen solcher Flächen nur mit recht schmerzenden Füssen möglich ist. Selbst das beste Schuhzeug wird wie von Glassplittern in kurzer Zeit zerschnitten; überhaupt gewährt

es besonders zur Mittagszeit, wo das wenige vorhandene niedere Buschwerk gar keinen Schatten giebt, ein ganz besonderes Vergnügen, eine längere Wanderung über ein solches Trümmerfeld anzutreten.

Ziemlich oft wird die Mitte der Inseln durch einen oder mehrere kleinere seichte Seen, die Brackwasser enthalten, ausgefüllt. Der Spiegel solcher Teiche hebt und senkt sich dann mit Flut und Ebbe, da der Grund derselben, das feste Korallenriff, mit dem Meere durch tiefe Spalten in Verbindung steht. Doch entspricht diese Bewegung der Zeit nach nicht ganz den Gezeiten; oft ist der Wasserstand in einem solchen See noch ganz hoch, während im offenen Meere schon tiefste Ebbe herrscht, und umgekehrt. Diese eben beschriebenen Teiche, die also die Mitte der Einzelinseln einnehmen, sind nicht zu verwechseln mit der eigentlichen Lagune, die von diesen Einzelinseln und, wo dieselben fehlen, von dem Riffkranze umgeben ist.

Die Tiefe der Lagunen schwankt durchschnittlich zwischen 30 und 50 *m*. Fast in allen Lagunen liegen aber, oft in solcher Anzahl, dass dadurch die Schiffahrt sehr gefährdet wird, Riffe und Untiefen, die zum Teile bei Ebbe über den Meeresspiegel hervorragen. Nach dem offenen Meere zu senkt sich das Riff fast an allen Stellen ganz plötzlich zu bedeutenden Tiefen hinab.

Die Verbindung des innerhalb des Riffkranzes gelegenen Beckens mit dem offenen Meere wird durch Einschnitte, sogenannte Passagen, vermittelt, deren Tiefe meist so beträchtlich ist, dass selbst die grössten Dampfer ungehindert in das Innere der Lagunen gelangen können. Die Zahl und Anordnung dieser Passagen im Riffe ist eine sehr verschiedene, ebenso ihre Breite. In ihnen läuft mit Ebbe und Flut ein entweder aus- oder eingehender Strom, der besonders zur Zeit der höchsten Flut und tiefsten Ebbe ganz bedeutend sein kann und in einzelnen Passagen, so in der Passage der Insel Ebon, bis zu sieben Seemeilen in der Stunde beträgt. Die Ein- und Ausfahrt von Schiffen, besonders Segelschiffen, ist daher zu solchen Zeiten eine sehr gefährliche; die kleinste Unachtsamkeit des Schiffsführers hat dann das Scheitern des Fahrzeuges an den Riffen der Passage zur Folge. Ausser dieser Wasserverbindung findet aber auch sonst überall zwischen den einzelnen Inseln zur Zeit der Flut ein Wasseraustausch über das Riff hinweg mit dem äusseren Meere statt.

Von dieser allgemeinen Beschreibung der Atolle der Marshallinseln weisen nun die einzelnen Atolle so geringe Abweichungen auf, dass es nur zu Wiederholungen führen würde, sich auf eine ausführlichere Schilderung einzulassen.«

Bildung einer Koralleninsel. In der Chinesischen Südsee breitet sich unter 16° nördl. Br. eine flache, etwa 130 *km* lange und 59 *km* breite, die Macclesfiedbank genannte Bank aus, deren

mittlere Tiefe etwa 70 bis 90 *m* beträgt. Sie ist in den Jahren 1892 und 1893 von zwei englischen Schiffen im Auftrage der Admiralität näher untersucht worden, und das wichtigste Ergebnis dieser Untersuchung lautet dahin, dass wir auf ihrem Rande eine im Entstehen begriffene Koralleninsel finden. Die ganze Bank wird nämlich von einem Korallenriffe umzogen, dessen Oberfläche an seiner höchsten Stelle 12 *m*, sonst etwa 17 bis 27 *m* unter dem Meeresspiegel liegt, während die innere Fläche der Bank, wie erwähnt, 70 bis 90 *m* unter dem Meeresspiegel liegt, abgesehen von einer vereinzelten Erhebung in der Mitte, die sich 9 *m* dem Meeresspiegel nähert. An der Oberfläche des Riffes finden sich lebende Korallen, unter ihnen abgestorbene und daneben eine grosse Menge anderer Tierarten, wie Stachelhäuter, Mollusken, Crustaceen und Anneliden, auch kalkhaltige Algen, so dass man vielleicht passender allgemein von einer organischen Bildung statt insbesondere von einer Korallenbildung spräche. Was die Fortsetzung des Riffes in die Tiefe anlangt, so haben die Messungen ergeben, dass der einst von Darwin angenommene allmähliche Abfall unter demselben Winkel, wie er an der Oberfläche zu beobachten ist, hier vielfach durch eine grössere Steilheit ersetzt wird. Im Norden liegt die 100 Faden-Linie eine englische Meile von der 20 Faden-Linie entfernt, die 200 Faden-Linie folgt allerdings erst von da in zehn Meilen Entfernung, abermals sechs Meilen weiter beträgt die Tiefe aber schon 1100 Faden. Im Osten ist der Abfall steiler: eine halbe Meile Abstand trennt die 20 Faden- und die 100 Faden-Linie, eine Meile von der ersteren ist die 300 Faden-, und 15 Meilen von ihr die 2100 Faden-Linie entfernt. Im Süden finden wir eine halbe Meile vom Rande der Bank 150 Faden, eine Meile von ihr 300 Faden und $3\,^1/_3$ Meilen von ihr 1100 Faden Tiefe. Auch sonst bieten die ganzen hier zu beobachtenden Verhältnisse nichts, was die Darwin'sche Lehre von einer die Korallenbildung begleitenden Senkung ihres unterseeischen Untergrundes bestätigen könnte. Nichts deutet auf eine frühere oder gegenwärtige Senkung oder auch Hebung hin, vielmehr macht die gleichmässige Tiefe der Bank die Abwesenheit jeder derartigen Bewegung wahrscheinlich. Auch ohne eine solche kann sich hier offenbar im Laufe der Zeiten von der Fläche der Bank durch dauerndes, bis zur Oberfläche aufsteigendes Wachstum eine Koralleninsel bilden — ein Vorgang, auf den Darwin's Theorie nicht anwendbar wäre, der vielmehr eine Bestätigung der von Rein, Semper, Murray u. a. vertretenen Ansicht bilden würde, dass der Untergrund der Korallenbauten sich im Zustande der Ruhe befinden kann [1]).

---

[1]) Globus 67. S. 131.

8. Das Meer.

Eine neue Berechnung der mittleren Tiefen der Ozeane nebst einer vergleichenden Kritik der verschiedenen Berechnungsmethoden hat Dr. K. Karstens veröffentlicht[1]).

Zur Berechnung der offenen Ozeane wurden Fünfgradfelder, zu der der Nebenozeane Eingradfelder fast ausnahmslos verwendet.

Für die gesamte Meeresdecke der Erde ergeben sich als wahrscheinliche Werte für die mittlere Tiefe 3496 *m*, 367 868 385 *qkm* Flächeninhalt und ein Volumen von 1 285 935 211 *ckm*.

	mittl. Tiefe	Fläche	Volumen
Südsee	4083 *m*	161 137.973 *qkm*	657 926.344 *ckm*
Indischer Ozean . .	3654 »	72 563.443 »	265 146.821 »
Atlant. Ozean . . .	3763 »	79 776.346 »	300 198.390 »
Nördliches Eismeer .	818 »	12 795.850 »	10 464.590 »
Südliches Eismeer .	1500 »	15 630.000 »	23 445.000 »
Alle Mittelmeere . .	1060 »	30 748.916 »	32 507.965 »

Die jährliche Temperaturschwankung des Ozeanwassers ist von Dr. G. Schott studiert und kartographisch dargestellt worden[1]). Diese Untersuchung stützt sich auf ein überaus reiches und zuverlässiges Quellenmaterial. Bezüglich der jährlichen Temperaturschwankung auf See ergiebt sich, »dass der Betrag der Amplitude nirgends in einem direkten Verhältnisse zur geographischen Breite steht; wir finden unter dem Äquator sehr geringe, aber auch sehr beträchtliche Jahresschwankungen, desgleichen in mittleren und hohen Breiten. Lassen wir einige mehr oder weniger von der offenen See abgeschlossene oder doch kontinentalen Einflüssen sehr ausgesetzte Gewässer, wie die ostasiatischen Randmeere, zunächst ausser Betracht, so schwankt der Betrag der Amplitude zwischen Werten, die noch unter 1° liegen, und solchen bis etwa 15°. Das Charakteristikum der geographischen Verteilung dieser Grösse der mittleren Jahresschwankung liegt darin, dass die Amplitude im Durchschnitte und in allen Ozeanen ohne Ausnahme mit nur relativ geringen Beträgen in den äquatorialen Gegenden auftritt, dass sie polwärts auf beiden Halbkugeln zunimmt, aber nur etwa bis nach 30° — 35° — 40° Breite hin, worauf noch weiter polwärts wieder durchweg eine entschiedene Abnahme der Jahresschwankung folgt, natürlich mit lokalen Abweichungen.

Die Amplitudenmaxima sind auf Nordbreite beträchtlicher als auf Südbreite; im Nordatlantischen Ozeane ändert sich im Laufe des Jahres die Wassertemperatur in der Nähe der Azoren um etwa 8 bis 9°, im nördlichen Stillen Ozeane um etwa 12° im Höchstbetrage; auf Südbreite bleiben die entsprechenden Werte grösster Jahresschwankung unter 8°, ja unter 7°. Eine Erklärung der Lage

[1]) Kiel 1894. Lipsius u. Tischer.
[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. S. 153.

der Amplitudenmaxima dürfte nicht schwer sein: zunächst ist die in diesen Breiten einige 40 bis 50° betragende jährliche Änderung der Sonnenhöhe zu nennen, sodann die vielfach nur sehr geringe Windstärke, ein Moment von ganz besonderer Bedeutung, endlich eine — wir dürfen es wohl annehmen — relativ grosse Klarheit des Himmels. Die fehlende oder nur unbedeutende Wolkenbedeckung lässt die Insolationsunterschiede, wie sie dem Sonnenstande entsprechen, in vollem Betrage zur Wirkung kommen.«

In der Nähe des Äquators finden sich in allen drei Ozeanen Gegenden, innerhalb deren die Wassertemperatur während des ganzen Jahres noch nicht um 1° sich ändert. In hohen Breiten finden wir auch Minima der Jahresschwankung, aber dieselben gehen kaum unter 2° herab, soweit dies wenigstens mit Bestimmtheit sich behaupten lässt. Das Gebiet allergeringster Jahresamplitude (unter 1°) ist nur ganz klein im Atlantischen Ozeane, im Indischen Ozeane und im westlichen Stillen Ozeane am grössten; es liegt da, wo die Hydrographie die Wurzel des sogenannten Guineastromes, resp. die indische Gegenströmung und die Monsuntriften des westlichen Stillen Ozeans verzeichnet, jedenfalls also in der Nähe der äquatorialen Kalmengürtel mit den die Ausbildung von Extremen hintanhaltenden Faktoren einer starken Wolkenbedeckung, reichlicher Niederschläge und gleichmässiger hoher Temperatur.

»Für die geringe Grösse des Jahresamplitude in den polwärts gelegenen Meeresgebieten ist das genugsam bekannte Klima dieser Gegenden massgebend, welches in einer durchweg starken Luftbewegung und reichlichem Regen zu allen Jahreszeiten die beträchtlichen Differenzen der Sonnenhöhe und deren Wirkungen überwindet, so dass wir auf der in besonderem Grade ozeanischen Südhemisphäre, z. B. bei Kap Horn oder bei den Kerguelen, nur Amplituden von etwa 2° beobachten, im Nordatlantischen Meere 4 bis 5° (ausserhalb von Gegenden starker Strömung), im Nordpazifischen aber über 8°. Man könnte hiernach, wie in mancher anderen Beziehung, den letztgenannten Ozean als denjenigen bezeichnen, der am meisten kontinentalen Charakter aufweist.

Abgeschlossene Meeresgebiete, die in der Nähe grosser Kontinente liegen oder gar von ihnen eingeschlossen und darum ihren klimatischen Einflüssen unterworfen sind, zeigen grosse Schwankungen der Temperatur, ungefähr proportional dem Grade der Abgeschlossenheit vom offenen Ozeane. Die im Bereiche des Mittelmeeres und Schwarzen Meeres auf der Karte eingeschriebenen Zahlen reden hierin eine deutliche Sprache, man vergleiche auch das Rote Meer und die deutschen Gewässer an der Nord- und Ostsee. Hierher gehören ferner die ungemein hohen Amplituden des Golfs von Pe-tshi-li, der Japansee und des Ochotskischen Meeres. In letzterem zeigt der Verlauf der Isoamplituden den Einfluss des Festlandes besonders klar, da in ganz regelmässigen, den Küstenumrissen sich anschmiegenden Kurven diese Linien eine Abnahme

der Jahresschwankung nach der offenen See hin erkennen lassen.

Überall da, wo beträchtliche Strömungen im Laufe des ganzen Jahres ohne wesentliche Änderungen der Geschwindigkeit verlaufen, finden wir — ceteris paribus — relativ zur Umgebung geringe Schwankungen der Wassertemperatur, so im Bereiche der westindischen Gewässer und des Floridastromes, so im Agulhasstrome und Brasilienstrome. Da aber, wo Strömungen starken jahreszeitlichen Änderungen unterworfen sind, finden wir auch bedeutende Amplituden der Temperatur; dieselben sind direkt in der Weise verursacht, dass während der einen Jahreszeit, sagen wir im Sommer, an einer bestimmten Stelle etwa eine warme Strömung vorhanden ist, die im Winter durch irgend welche Umstände, vielleicht sogar durch eine kalte Strömung, von eben jener Stelle verdrängt wird. So liegen z. B. die Verhältnisse in der ganzen weiteren Umgebung der Neufundlandbänke und im ostasiatischen Küstengebiete, speziell an der Stelle des Zusammenstosses des Kuro- und Oya-shiwo. Hier haben wir Gegenden, die bald warmes, bald kaltes, ja eisig kaltes Wasser führen, darum diese hohen Werte der Amplituden in Beträgen von über 20°.

Geradezu einzig in seiner Art — im Hinblicke auf die niedrige geographische Breite — sind die Jahresänderungen der Temperatur in der Formosastrasse an der chinesischen Küste. Unter dem Wendekreise betragen dort die Amplituden 10 bis 15° und darüber, während im Nordatlantischen Ozeane, mit dem sonst der Nördliche Stille Ozean viele Analogien hat, in diesen Breiten die Temperatur nur etwa um 4 bis 6° sich ändert. Mehrfach hat der Verf. auf diese ganz abnormen Wärmeverhältnisse hingewiesen, hier sei nur erwähnt, dass die Ursache hauptsächlich in dem halbjährlichen Stromwechsel liegt. Während des SW-Monsuns ist dies Meeresgebiet von tropisch warmem Wasser, das aus der Chinasee stammen mag, angefüllt, im Winter treibt der Nordmonsun aus dem Gelben Meere sehr kaltes Wasser längs der Küste südwärts.«

»Der nördliche Stille Ozean weist nicht allein von allen Gewässern die grössten jährlichen Amplituden auf, er ist auch zugleich dasjenige Meer, in welchem selbst die Gegensätze hinsichtlich der Grösse der Schwankung nahe bei einander am stärksten werden. Nirgends finden wir wieder über ähnlich grossen Gebieten wie dem ganzen nördlichen und westlichen Teile dieses Meeres Temperaturänderungen von 10° und mehr, nirgends sind anderseits auch die Flächen geringster jährlicher Amplitude so ausgedehnt wie in seinem tropischen Teile, so dass wir den Gegensatz zwischen hohen und niedrigen Breiten hier am schärfsten ausgeprägt finden. Der nördliche Stille Ozean erscheint so als derjenige, der kontinentalen Einflüssen am meisten unterliegt, und man darf von einem höheren Standpunkte aus — indem man mehrere verbindende Zwischenglieder überspringt — wohl sagen, dass es eben der gewaltige

Kontinent Asien ist, der dies bewirkt. Diesem »kontinentalen« Ozeane folgt in absteigender Reihe der Nordatlantische Ozean; über grossen Gebieten sind, und zwar wiederum hauptsächlich an der Westseite in mittleren Breiten, die Schwankungen sehr beträchtliche; aber nach dem hohen Norden hin nehmen sie wieder ab, da der Ozean in grosser Breite zum nördlichen Eismeere hin geöffnet ist, was bei dem nördlichen Stillen Ozeane gar nicht der Fall ist.

Die südhemisphärischen Meere gleichen sich sehr; zwischen 30 und 40° südl. Br. wird stets das Maximum der Temperaturamplitude mit 6 bis 7.5° erreicht, dann nimmt die Schwankung polwärts wieder entschieden ab.

Eine Sonderstellung behauptet, wie in jeder hydrographischen Hinsicht, der tropische Indische Ozean. Die starken, gerade in der Nähe der Linie im Atlantischen und Stillen Ozeane auftretenden Temperaturänderungen, welche oben näher besprochen wurden, fehlen ganz, da die verursachenden Strömungen wesentlich verschieden von denen der zwei anderen Weltmeere sind.

Die folgende Tabelle wird das eben Gesagte zahlenmässig beweisen, besonders auch den durchgreifenden Gegensatz zwischen nordhemisphärischen und südhemisphärischen Amplituden; es sind in der Tabelle mittlere Amplitudenwerte der einzelnen Breitenkreise berechnet, die Zahlen, welche für landnahe Gewässer gelten, aber nicht mitbenutzt worden.

Breite	Atlantischer Ozean	Indischer Ozean	Stiller Ozean	Ozean. Gesamtmittel	Festland nach Supan
50° N.	7.2	—	9.6	8.4	25.4
40 »	8.9	—	11.6	10.2	19.2
30 »	6.2	—	7.1	6.7	12.4
20 »	4.1	4.0	2.8	3.6	8.4
10 »	2.3	2.9	1.5	2.2	3.7
0 »	3.2	1.3	2.4	2.3	1.3
10° S.	4.0	1.8	2.0	2.6	2.9
20 »	4.1	3.3	3.3	3.6	6.0
30 »	5.6	5.2	4.6	5.1	8.1
40 »	5.0	4.0	5.3	4.8	8.8
50 »	2.9	2.5	3.2	2.9	—

Ein Vergleich der West- und der Ostseiten der Ozeane zeigt, dass in der mittleren und höheren südlichen Breiten die Jahresschwankung der Wassertemperatur an den beiden Küsten ungefähr dieselbe ist, dass in den Tropen (aber nur im Atlantischen und Stillen Ozeane) die Ostseiten, also die an die Westküsten Afrikas und Amerikas grenzenden Gewässer viel grössere Amplituden haben als die auf der anderen Hälfte, während für die mittleren und höheren nördlichen Breiten dies Verhältnis sich wieder umkehrt:

hier sind die Westhälften der Ozeane, also die Meeresteile, welche die Ostküsten Amerikas und Asiens bespülen, durchweg grösseren Temperaturschwankungen unterworfen als die Osthälften.«

Bezüglich der Eintrittszeiten des Maximums und Minimums der Wassertemperatur auf See bemerkt Dr. Schott, dass bekanntlich im allgemeinen über den Meeren der subtropischen gemässigten und höheren Breiten der Eintritt der Wärmeextreme sich gegen diejenigen auf dem Lande beträchtlich verspätet. In dem ausserhalb des Wendekreises gelegenen Raume des Nordatlantischen Ozeans bis zur Breite des Englischen Kanals wird die höchste Wassertemperatur durchweg erst im August oder September, vereinzelt sogar erst im Oktober erreicht. »Der Wärmefortschritt, den das Wasser vom Juli ab trotz abnehmender Sonnenhöhe auf Nordbreite noch macht, ist dabei recht erheblich; denn im Durchschnitte ist die Temperatur des Juli um 1 bis 1.5^{0}, stellenweise um über 2^{0} niedriger als die des August, resp. September. Hann giebt an, dass auf Madeira (Funchal) die Luft im September noch ebenso warm ist wie im August und wärmer als im Juli, sowie dass Februar und März die kältesten Monate sind. Dies stimmt vorzüglich mit dem Wärmegange des umgebenden Meerwassers und ist offenbar durch denselben veranlasst.«

Das Temperaturminimum fällt im Atlantischen Ozeane innerhalb des oben bezeichneten Raumes zu gleichen Teilen entweder in den Februar oder in den März. An den deutschen Küstenstationen der Ost- und Nordsee fällt es in den Februar (das Maximum in der Ostsee in den Juli, in der Nordsee in den August).

Der Eintritt der Extreme in den äquatorialen Meeresgebieten ist für den Atlantischen Ozean sehr gut nachweisbar.

»Der Südäquatorialstrom, der bekanntlich mit dem SO-Passate weit auf Nordbreite übertritt und durchweg grosse Geschwindigkeiten besitzt, die grösste aber im Juli und August erreicht, führt relativ sehr kaltes Wasser mit sich, das kälteste zur Zeit des stärksten Fliessens; darum im August das Minimum der Wassertemperatur. Seine Nordkante ist sehr scharf abgesetzt; darum auch die scharfe Grenze gegen das Gebiet des schwächlichen Nordäquatorialstromes, in welchem die Temperaturen dem Sonnengange folgen.

Ganz ebenso liegen die Verhältnisse jedenfalls im östlichen Teile des äquatorialen Stillen Ozeans, denn dort sind durchaus analoge hydrographische und auch meteorologische Erscheinungen nachweisbar. Im August und September, ja bis zum November hin werden hier von den Schiffen jene aussergewöhnlich niedrigen Wassertemperaturen gemessen (bis unter 19^{0} im Mittel!), während von Februar bis Mai im Stromstriche der Südäquatorialströmung die Maximaltemperaturen auftreten.

Äusserlich ähnlich ist der jährliche Temperaturgang der Gewässer auch an den Westküsten Zentralamerikas. Aber hier muss ein Vergleich mit indisch-ostasiatischen Verhältnissen gezogen werden,

da speziell für den Eintritt des Wärmemaximums im Mai meteorologische Faktoren bestimmend sind. Die Sonne steht um diese Zeit für die Breiten von 15 bis 22° nördl. Br. im Zenith, und es fällt ausserdem in diesen Monat die Kenterung des Monsuns, womit Windstillen verknüpft sind; letztere bedingen stets ein starkes Ansteigen der Temperatur. An der Hand von Monatskarten ist vom Verf. dieser speziell indische Temperaturgang für die Chinasee in einer früheren Arbeit verfolgt worden; das Temperaturminimum fällt in den Februar, aber ein sekundäres, auf die Regenzeit zurückzuführendes Minimum lässt sich im August erkennen.«

Die physikalischen Zustände und Vorgänge in der Ostsee behandelt Dr. O. Krümmel auf Grund der neueren fremden und eigenen Beobachtungen.[1] Physikalisch betrachtet, zerfällt das Gebiet der heimischen Meere zunächst in zwei grosse Teile, das der Nordsee und der Ostsee: die Grenze zwischen beiden dürfte in der Linie von Skagen nach Marstrand, also am Nordrande des Kattegats zu sehen sein. Das Skagerrak wäre danach als ein Teil der Nordsee, in mancher Hinsicht sogar des Nordmeeres, zu betrachten, da die tiefe norwegische Rinne ja in das Becken des Nordmeeres, und zwar in die mutmasslich grösste Austiefung des arktischen Mittelmeeres, unmittelbar hinüberleitet. Die Tiefen des Skagerraks sind denn auch mit ozeanischem Wasser erfüllt, und die Wärmeschichtung wird sehr wesentlich von dieser Thatsache beherrscht, während allerdings an der Oberfläche das auslaufende Ostseewasser eine bedeutsame Rolle spielt. Das Ostseegebiet zerfällt dann wieder in drei Teile: das Gebiet des Kattegats und der Belte, die eigentliche Ostsee, das bottnische Gebiet. Die Grenze zwischen der »Beltsee« und der »Ostsee« im engsten Sinne liegt erstens in der submarinen Bodenschwelle, die von den dänischen Inseln Falster nach dem Darss und Rügen hinüberführt und nirgends eine grössere Tiefe als 18 *m* besitzt, und die wir kurzweg als Darsser Schwelle bezeichnen, sodann im südlichen Ausgange des Öresunds mit 7 *m* Tiefe. Zu der »Beltsee« gehören also: das ganze Kattegat, dessen Boden nur an der östlichen, schwedischen Seite Tiefen über 50 *m* erlangt, der Sund, der grosse und der kleine Belt, die Kieler Bucht, der Fehmarnbelt, die Mecklenburger Bucht und die Kadettrinne (zwischen Darsser Ort und Gjedser): alles sehr inselreiche, horizontal und vertikal reichgegliederte, nur selten über 30 *m* tiefe Flachseegebiete, in denen sich, man möchte sagen: unter allerhand erschwerenden Umständen, der Übergang von der Nordsee zur Ostsee und der Austausch ihrer Gewässer vollzieht. Die eigentliche Ostsee reicht dann von Seeland, Möen und Rügen im Südwesten bis zu den Alandinseln im Norden, den finnischen Schären und Kronstadt im Nordosten. Hier überschreiten die Tiefen meist 50 *m*, auf einer grossen, die Insel Gotland gabelförmig von Norden her umfassenden Fläche sogar 100 *m*,

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 81 u. ff., p. 111 u. ff.

mit zwei grössten Austiefungen: die eine mitten zwischen Kurland und Gotland hat 249 *m* Maximaltiefe, die zweite, zwischen den Stockholmer Schären und Gotland, näher an Landsortfeuer heran, hat sogar 427 *m* in einer lochartigen Grube, die ein ganz weiches Mudlager enthält, worin die Wasserschöpfer 20 bis 30 *m* tief einzusinken pflegen. Ausserdem wird noch in der Danziger Bucht die Tiefe von 100 *m* ein wenig überschritten. Die thermischen Vorgänge und Zustände dieses Ostseebeckens sind ganz eigenartig und von denen der flachen Beltsee recht verschieden. Wiederum in einer Landschwelle, die von den Stockholmer Schären nach den finnischen bei Utö hinüberreicht und nicht tiefer als 38 *m* ist, südwärts abgeschlossen, breitet sich der Bottnische Golf nach Norden hin aus, ebenfalls mit eigentümlicher Wärme- und Salzgehaltschichtung. Der Finnische Golf dagegen verdankt seiner sehr viel grösseren Zugangstiefe von mehr als 100 *m* und der allmählichen Abnahme der Bodentiefe nach Osten hin, dass sich seine Gewässer wie ein Teil der eigentlichen Ostsee verhalten.

Als Sammelbecken atmosphärischer Niederschläge auf einem sehr grossen Teile des nördlichen Europa ist die Ostsee, bei nur engem Ausgange zum Ozeane hin, im ganzen nur mit geringem S a l z g e h a l t e ausgestattet, der, wie man lange weiss, an den äussersten nördlichen und östlichen Enden bei Haparanda und Kronstadt fast oder ganz auf Null sinken kann. Als Ganzes betrachtet, steht das Wasser der Ostsee dem der nördlichen Nordsee wie eine Säule von bedeutend geringerem spezifischen Gewichte zur Seite, und ein Ausgleich dieser Dichte-Unterschiede muss in der Weise erfolgen, dass an der Oberfläche das salzarme, also leichte Wasser in den Ozean hinaus-, in der Tiefe aber das schwerere, salzreichere Wasser in die Ostsee hineinstrebt. Dieser Austausch wird sich vorzugsweise in der Übergangsregion der Beltsee vollziehen, aber auch überall in der eigentlichen Ostsee von den kontinentalen nach den weiter nach aussen gelegenen Teilen. Wie schon die ersten Untersuchungen von Dr. Heinrich Adolf Meyer und die Pommeraniafahrten vor einem Vierteljahrhundert hingedeutet und darauf Ekman's systematische Messungen in helles Licht gesetzt haben, ist ganz allgemein die Anordnung des Salzgehaltes so, dass die Flächen gleicher Salinität oder die Isohalinen regelmässig von aussen nach innen »einfallen«, und die Schichten ähnlicher Dichtigkeit sich nach aussen, d. h. in der Richtung auf die Zugänge der Ostsee hin, keilförmig nach der Oberfläche zuspitzen.

Der typische Unterschied zwischen der Beltsee und der eigentlichen Ostsee besteht nur darin, dass die Beltsee, als Übergangsgebiet, eine ausserordentlich rasche Zunahme des Salzgehaltes an ihrer Oberfläche von innen nach aussen und ebenso von der Oberfläche nach der — meist geringen — Tiefe hin zeigt, die eigentliche Ostsee dagegen auf der ganzen Strecke zwischen Rügen und den finnischen Schären an der Oberfläche nur die geringe Abnahme des

Salzgehaltes von 8 auf 6 Promille aufweist, wobei eine mindestens 50 *m* mächtige Schicht von der Oberfläche abwärts nahezu denselben gleichmässigen Salzgehalt besitzt: homohaline Deckschicht.

In der keilförmigen Anordnung der Schichten ähnlichen Salzgehaltes erkennt man ohne weiteres die Wirkung der beiden vertikal übereinanderliegenden Ströme: an der Oberfläche das aus der Ostsee hinausstrebende süssere, in der Tiefe das einlaufende salzigere Wasser. Die Erdrotation drängt beide Ströme nach rechts: so herrscht im Sunde der auslaufende Strom mit besonderer Regelmässigkeit, in den beiden Belten dagegen findet man das salzigere Wasser in der Tiefe, und ebenso wird es wohl durch die Erdrotation veranlasst sein, dass auch weiter in die Ostsee hinein, in der Mecklenburger Bucht und nördlich von Rügen, dieses schwere Tiefenwasser wesentlich an der südlichen, deutschen Seite zu finden ist.

Die Temperaturanordnung im Bereiche der Ostsee ist sehr kompliziert. »Allgemein genommen«, bemerkt Dr. Krümmel, »kann in einem Wasserbecken die Temperatur in folgenden Varianten vertikal angeordnet sein, die, wie vorausgeschickt sein mag, auch sämtlich zu Zeiten in der Ostsee vorkommen:

1. Die Temperatur ist von der Oberfläche bis zum Boden in allen Tiefen gleich: das Wasser ist homotherm oder gleichwarm. Das Gegenteil, wo also überhaupt Unterschiede zwischen oben und unten stattfinden, giebt eine Anordnung, die heterotherm genannt sein mag; beide Ausdrücke sind nicht neu. Diese heterotherme Schichtung zerfällt wieder in folgende einfachere Kombinationen:

2. Das Wasser ist an der Oberfläche warm und wird nach der Tiefe hin stetig kälter: anotherm oder obenwarm.

3. Das Wasser ist oben kälter als in der Tiefe: katotherm oder untenwarm.

4. Das Wasser ist oben kalt, dann in einer Mittelschicht wärmer, darunter aber wieder kälter: diese Schichtung heisse mesotherm oder mittenwarm.

5. Eine Anordnung, wo das Wasser oben warm ist, in der Mitte kälter und nach dem Boden zu wieder wärmer wird, giebt eine dichotherm (διχό-θερμος = getrennt-warm) oder mittenkalt genannte Schichtung.

6. Unregelmässige Abwechselung wärmerer und kälterer Schichten endlich wird in ihrer ganzen Buntheit von Kombinationen zusammengefasst als poikilotherm.

Zur Erläuterung dieser Begriffe und als Beispiele für diese Terminologie sei erwähnt, dass der offene Ozean der Tropen durchweg anotherm oder obenwarm ist; dass die flachen Teile des arktischen Mittelmeeres in der kälteren Jahreszeit katotherm oder untenwarm sind; dass der dichotherme Zustand für die tieferen Nebenmeere der höheren Breiten im Sommer der herrschende Typus ist, und dass die flacheren Teileder Nordsee in der Regel, namentlich aber im Winter, als homotherm gelten dürfen.

In unserm Ostseegebiete lässt sich nun kurz die Wärmeschichtung so bezeichnen: in der Beltsee ist das Wasser im Sommer anotherm, im Winter katotherm, nach stürmischem Wetter, zumal im Herbste und Frühlinge, homotherm.

«Die eigentliche Ostsee dagegen scheint, da wir den Winterzustand in ihr nur unvollkommen oder gar nicht kennen, wenigstens im Sommer deutlich dichotherme Schichtung zu zeigen; im Winter wird sie poikilotherm oder zeitweilig auch mesotherm oder katotherm sein.

Bezüglich der Ursachen, welche den jeweiligen Erwärmungszustand solcher Wasserschichten, wie sie für die Ostsee in Betracht kommen, bedingen, bemerkt Krümmel folgendes:

Die grossen jahreszeitlichen Schwankungen der Lufttemperatur über der Ostsee, deren Amplitude auf mindestens 40° anzusetzen ist, werden in erster Linie in Betracht kommen. Ihnen verdankt die Oberfläche der Ostsee ihre im Sommer oft bis 18° ansteigende Erwärmung, im Winter dagegen die Eisbildungen, die im Finnischen und Bottnischen Golfe zu einer monatelang festen Eisdecke führen. Wie tief im Sommer die Sonnenstrahlen unmittelbar erwärmend in die Tiefe vordringen, ist nicht näher festgestellt; da aber die eigentlich thermisch wirksamen roten und gelben Strahlen besonders rasch vom Wasser absorbiert werden, wird sich diese unmittelbare Sonnenwirkung auch im Sommer nicht allzutief erstrecken. Die innere Wärmeleitung von einem Wasserteilchen zum anderen ist so gut wie ganz auszuschalten, da sie beim Wasser äusserst gering ist: man kann Lundqvist beistimmen, wenn er (nach einem Citat von O. Pettersson) die Leitung der Sommerwärme in der Ostsee nach der Tiefe hin in sechs Monaten auf ein paar Meter schätzt.

Wichtiger ist der vertikale Austausch zwischen den Wasserschichten durch Konvektion, also durch vertikale Wanderung der Wasserteilchen selbst. Die Durchmischung der obersten Schichten im Sommer, der die homotherme Schicht von gelegentlich von 12—20 *m* Dicke zuzuschreiben ist, erfolgt doch wohl in derselben Weise, wie das Eduard Richter von den Alpenseen dargelegt hat: Die nächtliche Abkühlung macht die Oberflächenteilchen schwerer, so dass sie nach unten sinken, um wärmeren Platz zu machen, die demselben Schicksale unterliegen. Die unperiodischen täglichen Wärmeschwankungen werden ähnlich wirken. Beim Seewasser tritt daneben noch als sehr wesentlich die Verdunstung auf: ein frischer trockener Wind macht das Oberflächenwasser salziger, so dass es absinkt, um anderen Platz zu machen. Auch diese Wirkung der Verdunstung in die Tiefen hinein ist noch nicht näher untersucht: sie wird in allen Jahreszeiten bei trockenem Wetter nicht zu ignorieren sein. Im Herbste und Winter werden also die Wasserteilchen an der Oberfläche stark abgekühlt, und der Ersatz durch leichtere und wärmere wird tiefer hinabgreifen, bis in die unterste Region der homohalinen Deckschicht. Bei den von Frischwasser erfüllten Landseen ge-

schieht es bekanntlich, dass schliesslich die dichte Schicht von 4° zu unterst liegt; beim Seewasser aber ist diese Temperatur der grössten Dichte desto tiefer unter 4°, je grösser der Salzgehalt ist, und zwar sind die den vorliegenden Beobachtungen am besten entsprechenden Temperaturen der Maximaldichte für das Seewasser im Bereiche der Ostseeoberfläche folgende:

Promille.

Salzgehalt . . .	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Grösste Dichte bei	3.0°	2.8°	2.6°	2.4°	2.2°	2.0°	1.8°	1.6°	1.4°	1.1°	0.9°

Kühlt sich beispielsweise im Winter die Oberfläche der Ostsee östlich von Gotland bis unter 0° ab, so wird dieses kalte Wasser nicht in die Tiefe sinken, sondern man wird, volle Ruhe im Wasser vorausgesetzt, in der untersten Region der homohalinen Deckschicht von 7.5 Promille eine Temperatur von etwa 2.5° erwarten dürfen. Nun sind aber, wie bereits angeführt, in einigen Fällen dort recht niedrige Temperaturen gemessen: so fand Ekman zu Wasser von 7.5 Promille eine Temperatur von + 1.8° (statt des Dichtemaximums von 2.46°), und Kapitän Wessblad zu 7.6 Promille sogar nur + 0.8° (Dichtemaximum wäre bei 2.5°). Solche Abweichungen weisen darauf hin, dass hier noch andere Kräfte neben der Konvektion thätig gewesen sein müssen, also unsere Annahme: volle Ruhe und Ungestörtheit der Deckschicht, nicht zutrifft, — kurz, dass es sich hier jedenfalls um eine mechanische Durchmengung der tieferen mit den höheren Schichten handeln müsse.«

»In erster Linie kommt dabei die Wirkung des Windes in Betracht, und zwar zunächst die Wellenbewegung. Den Sturmwellen der breiteren Wasserflächen um Bornholm und Gotland wird man im wesentlichen die partielle oder totale Homothermie der Deckschicht zuzuschreiben haben, und es ist eine auch für die allgemeine Ozeanographie nicht unwichtige Thatsache, aus der Wärmeschichtung und dem Gasgehalte der Tiefen diese mechanische Wellenwirkung für unsere Ostsee bis in 60 und 80 *m* Tiefe hinab nachweisen zu können.

Eine zweite Form der Durchmischung durch den Wind ist in den Vorgängen des Windstaus gegeben; sie wird sich zwar wesentlich nur an den Küsten äussern können, trägt aber doch dazu bei, die Isothermflächen der Tiefen recht zu komplizieren. Ein ablandiger Ostwind im Sommer lässt an der kurländischen Küste das kalte Tiefenwasser aufsteigen, so dass in wenigen Stunden statt 18° nur noch 8°, ja 6° an der Oberfläche gefunden werden. Dieser östliche Wind ist aber meist recht warm, so dass das an die Oberfläche gelangte Tiefenwasser durch Luft und Sonne notwendig angewärmt werden muss. Schlägt dann der Wind um nach Westen, so tritt dieses angewärmte Wasser in die Tiefe zurück, wo es durch den Staustrom sogar unter seine Ruhelage hinabgedrückt wird. Ein in dieser Weise stetig durch den Windstau bearbeitetes Wasserbecken wird allgemein die Isothermflächen an den Küsten tiefer-

liegend zeigen als in der Mitte, wofür die von Pettersson für die Ostsee und das Skagerrak gezeichneten thermischen Querprofile gute Beispiele liefern. So ist denn auch in der That die kälteste Schicht besonders deutlich nur in den küstenfernen und tieferen Teilen der Mitte der Ostsee zu finden.«

»Neben diesen Windwirkungen wird aber, wie ich meine, noch ein dritter, namentlich im Frühjahre sich abspielender Prozess nicht unbedeutsam, der im Auftreten des Planktons beruht. Wie die Forschungen von V. Hensen und K. Brand sehr wahrscheinlich gemacht haben, ist die grösste Individuenzahl der Planktoorganismen ziemlich regelmässig im Frühjahre zu finden, wo die kleinen Peridineen und Diatomeen oft so massenhaft auftreten, dass kein Sonnenstrahl durch die obersten Schichten gehen kann, ohne eines dieser Wesen zu treffen. Nach solcher Massenwucherung aber verschwindet dieses Plankton in wenigen Wochen, »wie mit einem Schlage«, es stirbt ab, nachdem die Dauersporen oder Eier abgesetzt sind. Es findet also dann ein ergiebiges Absinken dieser letzteren und der toten Planktonkörper (ein Leichenregen) nach der Tiefe hin statt, und wenn auch jeder einzelne Kadaver nur mikroskopisch klein ist, so sind ihrer doch gleichzeitig Milliarden im Kubikmeter Wasser verteilt und alle mit Wasser getränkt, so dass sie beim langsamen Versinken die kalten Temperaturen der oberen Schichten mit in die Tiefe transportieren helfen. In abgeschwächter Weise findet dieser Vorgang das ganze Jahr hindurch statt. Wird dann in 50 oder 60 *m* das unter der Deckschicht liegende salzigere, also schwerere Wasser erreicht, so wird die Differenz zwischen den spezifischen Gewichten dieser kleinen Kadaver und ihrer Umgebung sehr gering, so dass sie dann weiterhin nur noch langsam sinken und allmählich aufgelöst werden können.

Die unterhalb 70 *m* liegenden Tiefenschichten werden also kaum mehr von diesen mechanischen Vorgängen der Konvektion oder Durchmischung beeinflusst; nur eine sehr abgeschwächte Wärmewelle scheint aus den höheren Schichten in diese abgeschlossenen Tiefen hinab vorzudringen. Die Zusammensetzung der in diesen Tiefengewässern enthaltenen absorbierten Luft zeigt, dass sie lange von jeder Berührung mit der Atmosphäre abgeschlossen gewesen sind. Für die Gotlandtiefe ergaben Pettersson's Gasanalysen, dass in 200 *m* der Sauerstoffgehalt der im Wasser absorbierten Luft auf 6.9 % (statt mehr als 30 %) gesunken ist, während der Kohlensäuregehalt übergross ist: 41.2 *ccm* im *l*, statt 30—32 im Oberflächenwasser. Wodurch ist dieses Defizit an Sauerstoff entstanden? O. Pettersson will sich nicht positiv entscheiden, ob hier ein Verbrauch durch die Atmung der Tiere vorliege oder die von Jacobsen lange vermutete und kürzlich von Murray und Irvine bewiesene Reaktion des Bodenschlammes auf das benachbarte Seewasser. Er ist jedoch mehr geneigt, in den Organismen die eigentliche Ursache zu sehen, da erstens die Kohlensäure in demselben

Grade zugenommen wie der Sauerstoff abgenommen hat, und zweitens das Bodenwasser hier keine Spur von Schwefelwasserstoff enthält, wie er sich in dem gänzlich stagnierenden und niemals durch erneuerte Zufuhr aufgefrischten Bodenwasser des Schwarzen Meeres findet. Es ist wahrscheinlicher, dass hier die Unterströmung nur in Perioden von langer Dauer Zutritt findet, und der gegenwärtige Zustand nur eine Phase einer solchen Periode bildet, wo seit 1877 jede Zufuhr ausgeblieben ist, aber bei günstiger Gelegenheit jeden Tag erfolgen könnte, wie wir das Wasser in der Tiefe östlich von Bornholm sich in der That haben erneuern sehen in der Zeit vom November 1893 bis Juli 1894«.

Die Ostsee und ihre Entstehung bildete den Gegenstand eines Vortrages in der 67. allgemeinen Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte von Prof. Rudolf Credner[1]).

»Die Ostsee erfüllt als ein echtes Binnenmeer mit ihren schwach salzigen Gewässern die tiefst gelegenen, unter das Meeresniveau hinabreichenden Partien des grossen nordeuropäischen Flachlandbeckens zwischen dem skandinavischen Hochgebirge im Norden, den Karpathen und der mitteldeutschen Gebirgsschwelle im Süden. Wie ein Blick auf die Tiefenkarte erkennen lässt, stellt diese Depression kein einheitlich gestaltetes, einziges grosses Becken dar, setzt sich vielmehr aus einer Anzahl, durch unterseeische Erhebungen voneinander getrennter, in ihrer Gesamtheit reihenförmig angeordneter Einzelsenken von teils mulden-, teils kessel-, teils rinnenförmiger Gestalt zusammen, aus Hohlformen also, wie sie auch in der Umgebung der Ostsee, namentlich im Bereiche der grossen schwedischen und finnischen Seen, in den Becken des Wener-, Wetter- und Mälarsees, sowie in denjenigen des Onega- und Ladogasees, wiederkehren, deren Boden ebenfalls beträchtlich, (beim Ladogasee 370 *m*) unter den Meeresspiegel hinabreicht, bis zu einer Tiefe, welche in der Ostsee selbst nur an einer einzigen Stelle erreicht wird. Während aber diese Depressionen in der Umgebung der Ostsee durch über den Meeresspiegel aufragende Landstriche nach allen Seiten abgeschlossen und voneinander sowohl wie von dem Meere getrennt sind, infolge dessen selbständige Binnenseen darstellen, bilden diejenigen auf dem Boden des Ostseebeckens einen einheitlichen, einem mächtigen Graben gleichenden, langgestreckten Zug, innerhalb welches auch die die einzelnen Senken voneinander und von der Nordsee trennenden Schwellen unter dem Meeresniveau gelegen und infolgedessen mitsamt den Senken von einer zusammenhängenden, mit dem Meere kommunizierenden Wasserfläche bedeckt sind. Im äussersten Norden nimmt diese Reihe submariner Depressionen des skandinavisch-baltischen Bodens fast unter dem Polarkreise ihren Anfang in dem Bottnischen Meerbusen, einem fast vollkommen selbständigen, bis 270 *m* tiefen Becken, welches von der im Süden angrenzenden »eigentlichen Ostsee« durch einen nur 38 *m* tiefen Rücken südlich der Alandsinseln scharf abgegrenzt ist. Durch die inselgekrönten Schwellen im Bereiche der Nord- und Südquarken zerfällt dieses Hauptbecken wieder in mehrere sekundäre Senken: die Bottenvik im äussersten Norden, das Bottenmeer bis zu der Enge der Südquarken und endlich, und zwar gerade an der schmalsten Stelle zwischen der schwedischen Küste und den Alandsinseln, das Alandsmeer, eine steil umrandete kesselförmige Depression von 200 bis 250 *m* Tiefe. Nur lokal durch die die Ostsee durchquerenden grabenartigen Einschnitte des finnischen Meerbusens und des Mälarbeckens unterbrochen,

[1]) Verhdlg. d. Ges. deutsch. Naturf. und Ärzte 1895. Allgemeiner Teil Separatabdruck.

setzt die sich im Bereiche des Bottnischen Meerbusens überall hervortretende Nordsüdrichtung jenseits der Alandsinseln in dem geräumigen Tiefbecken der hier beginnenden eigentlichen Ostsee weit nach Süden fort, besonders scharf ausgeprägt in den beiden muldenförmigen Rinnen, in welche sich dieses Becken beiderseits der Inseln Gotska Sandoe und Gotland gabelt, in der west- und ostgotländischen Mulde. Wie die Senken des Bottnischen Meerbusens, so weist auch diejenige der eigentlichen Ostsee eine Reihe sekundärer Vertiefungen auf, deren eine, das ostgotländische Tief, 249, eine zweite, das Landsort Tief im Norden der westgotländischen Rinne, 427 *m*, die Maximaltiefe der ganzen Ostsee, erreicht. Tiefen von mehr als 100 *m* finden sich weiter nach Süden und Westen zu nur noch im Bereiche der Danziger Bucht und östlich von Bornholm vor, von da aus verflacht sich der Boden mehr und mehr, lässt aber auch hier noch bis in die Gegend nördlich von Rügen in einer Reihe isolierter beckenförmiger Einsenkungen Anklänge an die die östlichen und nördlichen Teile des Ostseebeckens beherrschende charakteristische Gliederung des Bodenreliefs erkennen. Die Inseln Rügen, Möen und Seeland, die nur 18 *m* tiefe Darsser Schwelle zwischen Rügen, Darsser Ort und Falster, eine den südlichen Ausgang des Öresundes durchquerende, nur 7 — 8 *m* tiefe Barre endlich bilden die natürliche Grenze der eigentlichen Ostsee, jenseits derselben beginnt der von Otto Krümmel treffend als »Beltsee« bezeichnete letzte und gleichzeitig flachste, nur stellenweise über 30 *m* tiefe Abschnitt des Binnenmeeres, und greift gleichzeitig eine durchaus anders geartete Gestaltungsweise des Meeresbodens Platz. Statt der beckenförmigen Einzelsenken der übrigen Teile der Ostsee bilden hier flussartig gewundene, steilwandige Rinnen in auffallend häufiger Wiederkehr — im Strelasunde zwischen Rügen und dem Festlande, in den Meeresstrassen zwischen Möen, Falster und Seeland, im Alsen- und Fehmarnbelte, sowie im grossen und kleinen Belte — den charakteristischen Zug des Bodenreliefs. Mit einer auch sonst äusserst unruhigen Gestaltungsweise steht im Einklange der Reichtum an Inseln, und zwar namentlich solcher, die wie Rügen und Seeland durch eindringende Meeresarme und Buchten äusserst mannigfaltig gegliedert sind und sich dadurch sowie ausserdem durch ihren Aufbau aus vorwiegend lockerem, lehmigem und sandigem Gesteinmateriale von den fast durchweg kompakter gestalteten, namentlich aber fast sämtlich aus festem Felse bestehenden grösseren Inseln der nördlichen Ostsee wesentlich unterscheiden.

Geologisch gehört das Ostseebecken zwei, ihrem Aufbaue und ihrer Bildungsgeschichte nach durchaus verschiedenen Gebieten des europäischen Festlandes an. Der gesamte Norden vom Kattegat bis zu den Gestaden des Eismeeres setzt sich fast ausschliesslich aus krystallinischen Urgesteinen, aus Granit, Gneis und verwandten Gesteinen zusammen und repräsentiert einen den ältesten Zeiten der Erdgeschichte entstammenden Teil Europas. Seit paläozoischen Zeiten bereits als Festland über dem Meere aufragend, hat dieser »baltische Schild«, wie Eduard Suess dieses Gebiet seiner eigenartigen Oberflächengestalt wegen bezeichnet hat, seitdem eine erhebliche Abtragung erfahren. Die dasselbe ehemals bedeckende Schichtenreihe von Silur- und Devongesteinen ist bis auf wenige geschützt gelegene Partien zerstört und hinweggeführt, das krystallinische Grundgebirge dadurch wieder freigelegt worden. Nur an den Rändern, in der Landschaft Blekinge, auf Öland, Gotland und in den russischen Ostseeprovinzen ist jene paläozoische Decke erhalten geblieben und umsäumt hier mit steilem Denudationsrande, dem Glint, die schildförmige archäische Tafel. Wesentlich anders der südliche Teil des baltischen Beckens: jüngere, mesozoische und tertiäre Sedimente, Kalksteine, Mergel, Sandsteine, Schiefer und Thone setzen hier, und zwar in Schonen und auf Bornholm neben archäischen und paläozoischen Gesteinen, weiter im Süden und Westen im Bereiche der Beltsee und des Baltischen Landrückens ausschliesslich, das Grundgebirge zusammen. Im Gegensatze zu dem uralten Festlandsgebiete des baltischen Schildes und seines paläozoischen Randes stellt somit der südliche Teil des Ostseebeckens

ein wesentlich jüngeres Stück unseres Kontinentes dar, in welchem, wie die Lagerungsverhältnisse und die Aufeinanderfolge der Gesteinsschichten beweisen, noch in mesozoischen und tertiären Zeiten Transgressionen des Meeres von bald grösserer, bald geringeren Ausdehnung mit Festlandsperioden abgewechselt haben.

Grössere Einheitlichkeit der Entwickelungsgeschichte des ganzen Ostseegebietes, der geologischen Vorgänge also, von welchen dasselbe betroffen worden ist, bekunden erst die jüngsten Ablagerungen desselben: Gesteinsbildungen quartären Alters und dem entsprechend von meist lockerer Beschaffenheit und Struktur, Lehme, Mergel, Thone, Sande und Kiese, welche decken- und mantelförmig dem älteren Grundgebirge aufgelagert sind.

Dieses quartäre Deckgebirge setzt sich im Bereiche des baltischen Beckens aus zwei genetisch wesentlich voneinander verschiedenen Gesteinsbildungen zusammen. Die eine Gruppe derselben umfasst hauptsächlich lehmige und sandige Gebilde von durchaus massiger, ordnungsloser Struktur. Hauptvertreter dieser Gruppe ist der Geschiebemergel oder Blocklehm, bestehend aus einer feinkörnigen Grundmasse, welche durchspickt ist von zahllosen Splittern und Bruchstücken von Gesteinen durchweg nordischer Abstammung und erfüllt und vielfach an der Oberfläche bedeckt von einem Haufwerke von Blöcken von kleinen bis zu den gewaltigsten Dimensionen. Diese Geschiebemergel stellten die Grundmoränen vorzeitlicher Gletscher und Inlandeisdecken dar, welche sich während der ersten Abschnitte der Quartärzeit, bedingt durch den Eintritt eines feuchteren und kühleren Klimas, von dem skandinavischen Hochgebirge aus über grosse Teile des nördlichen und nordöstlichen Europas ausgebreitet haben. Durch das Vorkommen mehrerer solcher Grundmoränenbänke über einander, getrennt voneinander durch nichtglaziale, geschichtete Ablagerungen, ist der Nachweis geliefert, dass diese skandinavische Vergletscherung eine mehrmals wiederholte gewesen ist, dass Glazialzeiten, Perioden also der Entwickelung mächtiger Eisströme und Inlandeisdecken, mit Interglazialzeiten, Perioden, während welcher die Eismassen zum Abschmelzen gelangt sind, mehrfach abgewechselt haben.

Für das baltische Becken insbesondere ist durch die Durchforschung dieser Glazialablagerungen festgestellt, dass dasselbe zweimalig in seiner ganzen Ausdehnung und weit über seine Grenzen hinaus, ähnlich wie gegenwärtig das Innere Grönlands, von Hunderte von Metern mächtigen, sich radial aus dem Inneren Skandinaviens nach allen Seiten ausbreitenden Decken von Inlandeis überströmt gewesen ist, dass sich ausserdem in ebenfalls zweimaliger Wiederholung gewaltige Eisströme, sei es in Verbindung mit jenen Inlandeisausbreitungen als deren schwächere Anfangs- oder Endstadien, sei es selbständig und von jenen getrennt durch eisfreie Interglazialzeiten, aus dem skandinavischen Norden in das baltische Becken vorgeschoben und dasselbe in Gestalt riesiger Gletscher bis an seinen Rand, bis in die Gegend des heutigen baltischen Landrückens erfüllt haben.

Aus der zweiten Gruppe der Gesteinsbildungen des baltischen Deckgebirges, vorwiegend Sanden, Kiesen und Thonen, welche im Gegensatze zu dem wirr durch einander gemengten Moränenschutte der Geschiebemergel eine deutliche Schichtung, eine Sonderung des Materials nach Schwere und Grösse zu erkennen geben und sich dadurch als im Wasser abgelagerte Sedimente charakterisieren, besitzen besonders diejenigen Wichtigkeit, welche, wie die in ihnen enthaltenen tierischen und pflanzlichen Reste beweisen, die Absätze früherer, sei es in den Interglazialzeiten, sei es nach endgültigem Rückzuge der Eismassen, in der Postglazialzeit das Ostseebecken erfüllender Wasserbedeckungen darstellen.

Wie jede komplizierte Form der Erdoberfläche, so ist auch das Ostseebecken nicht das Ergebnis eines einmaligen Entstehungsaktes, sondern einer langen Entwickelungsgeschichte, einer grossen Zahl von Einzelvorgängen verschiedenster Art. Als wichtigste Vorgänge, welche für die Herausbildung des Ostseebeckens grundlegend waren, erkennen wir solche tekto-

nischer Natur, Bewegungen und Verschiebungen also von Teilen der Erdkruste gegen einander, verursacht durch die fortdauernde Abkühlung und Kontraktion der Kernmasse der Erde und die dadurch in den äusseren Partien der Erdrinde erzeugten Spannungen. Dass solche Krustenverschiebungen im Bereiche des Ostseebeckens stattgefunden haben, lassen die beträchtlichen Niveaudifferenzen vermuten, welche sich in der Höhenlage der Grundgebirgsoberfläche inmitten desselben geltend machen. Dieselbe weisse Schreibkreide, welche im Inneren Rügens 160, in dem mächtigen Felskegel des Königstuhls 122, auf der Insel Möen etwa 150 *m* hoch aufragt, liegt rings im Umkreise dieser Inseln beträchtlich, in unmittelbarer Nähe Rügens 30—40 *m* unter dem Ostseeniveau. Ganz ähnliche Niveaudifferenzen herrschen in den umrandenden Teilen des Beckens. Das baltische Gebiet stellt dieser Auffassung nach eine Schollengebirgslandschaft dar, deren Unebenheiten, deren Aufragungen und Vertiefungen Einbrüchen und Absenkungen grösserer oder kleinerer Schollenkomplexe zwischen stehengebliebenen oder emporgepressten Horsten ihre Entstehung verdanken.

Allerdings ist der unmittelbare Nachweis dieses tektonischen Baues in dem weitaus grössten Teile des Ostseebeckens infolge der Bedeckung des Grundgebirges durch das Wasser oder aber durch quartäre Ablagerungen unmöglich gemacht. Um so grösser aber ist in der Umrandung des Beckens und auf dessen Inseln die Zahl der Aufschlüsse, an denen sich der herrschende Schollengebirgsbau auf das sicherste verfolgen lässt. Auf schwedischer Seite ist zunächst der Bau der Landschaft Schonen durch eine Reihe von Grabenbrüchen zwischen rückenförmigen Horsten beherrscht. Spaltenbildungen und Verwerfungen sind ferner in den Landschaften Blekinge, Småland, Söder- und Westmansland, im Bereiche ferner der Alandsinseln sowie des Finnischen Meerbusens in grosser Zahl nachgewiesen. Der langgestreckte, mit seiner Sohle beträchtlich unter den Meeresspiegel hinabreichende Wettersee repräsentiert einen typischen Grabenbruch. Förmliche Schwärme verschieden orientierter Dislokationen sind ferner durch Puggard bereits in den fünfziger Jahren von der Insel Möen bekannt geworden. In nicht minder grosser Zahl und verknüpft mit den verschiedensten Formen von Einbrüchen beherrschen solche, wie neuerdings nachgewiesen, den äusserst gestörten Bau der Kreidefelsen von Rügen, und kehren dieselben inmitten der Kreide- und Juraaufragungen der Gegend der Odermündungen und weiter im Norden auf der Insel Bornholm wieder. Im Baltischen Landrücken endlich weisen an zahlreichen Stellen, in Mecklenburg, am Durchbruchsthale der Oder und im Samlande die Grundgebirgskerne beträchtliche und tiefgreifende Schichtenstörungen auf. Wie die Grundgebirgsaufragungen inmitten des Ostseebeckens, die Alandsinseln, Bornholm, die Kreideklippen von Jasmund, Arkona, von Möen und Seeland, die Juravorkommen von Wollin, so stellen auch die in vielen Fällen ähnlich isoliert und riffartig am Rande des Beckens auftretenden und über das Meeresniveau aufragenden Grundgebirgskerne des baltischen Landrückens Horste eines Schollengebirges dar, stellt anderseits dieses Becken selbst eine bis unter das Meeresniveau abgesunkene Zone von Einbrüchen verschiedenen Betrages dar, so dass infolgedessen Tiefbecken und Schwellen miteinander abwechseln und dem Bodenrelief den ihm eigenen mannigfaltigen Charakter verleihen. Eine gewichtige Stütze erhält diese Auffassung der Depressionen des Ostseebeckens dadurch, dass sich der Zusammenhang randlicher Partien desselben mit landeinwärts sich fortsetzenden Dislokationen an mehreren Stellen deutlich nachweisen lässt. So stellt die tief in die Landschaft Schonen eingreifende Skelder Vik den unter das Meeresniveau abgesunkenen nordwestlichen Teil eines weit in das Innere Schonens verfolgbaren Grabenbruches zwischen den Horsten des Kullen und Halandås dar. Die Tromper Wiek auf Rügen breitet sich über ein Bruchfeld des Kreidegebirges zwischen den Horsten von Arkona und Jasmund aus. Die Oderbucht wiederum fällt, wie kürzlich W. Deecke gezeigt hat, genau in die Fortsetzung einerseits der grossen Småländischen Verwerfungszone, anderseits des grabenförmigen

Einbruches zwischen den Inseln Usedom und Wollin, während herzynische streichende Dislokationen den Bau der Grundgebirgskerne ihrer westlichen, solche erzgebirgischer Streichrichtung denjenigen ihrer östlichen Flanken, dort in Mecklenburg und Vorpommern, hier in Hinterpommern beherrschen. Der Finnische Meerbusen endlich und der Mälarsee erfüllen die tiefst abgesunkenen Partien einer die Depressionszone der Ostsee quer durchsetzenden Grabenverwerfung.

Es wiederholten sich in dem Grundgebirgsbaue des baltischen Gebietes ganz ähnliche tektonische Züge, wie sie die mitteldeutsche Gebirgsschwelle, insbesondere die nordwestlichen Teile desselben, die Berglandschaften Hessens und der Wesergegend mit ihren ausnahmslos durch Brüche, Verwerfungen und Schollenverschiebungen erzeugten Höhenzügen und Senken beherrschen.

Ebenso aber wie in den letztgenannten Gebieten, so ist auch hier im Bereiche des baltischen Beckens durch die tektonischen Vorgänge nur die Grundlage des Bodenreliefs geschaffen, und ist hier wie dort die weitere Ausgestaltung desselben zu der heutigen Erscheinungsweise das Werk anderer, und zwar von aussen wirkender, exogener Vorgänge gewesen. Während diese aber im Bereiche der mitteldeutschen Gebirgsschwelle im wesentlichen nur in einer Abtragung und Modellierung durch die Einwirkungen der Atmosphärilien und des fliessenden Wassers bestanden haben, bildete das baltische Schollengebirge den Schauplatz der umgestaltenden Thätigkeit eines ungleich mächtigeren Agens, desjenigen nämlich der glazialzeitlichen Eismassen, und ist infolgedessen hier die Umformung des tektonisch erzeugten Bodenreliefs ungleich tiefgreifender und nachhaltiger gewesen, als es in jenen von diesem Agens unberührt gebliebenen Gebieten der Fall war.

Von den Veränderungen, welche diese Eisausbreitungen zumal durch ihr mehrfach wiederholtes Eintreten an der Oberfläche des skandinavisch-baltischen Gebietes herbeigeführt haben, vermögen wir uns eine ungefähre Vorstellung zu machen, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass alle die Massen von Mergeln, Thonen, Sanden und Kiesen, welche in dem gesamten norddeutschen Flachlande bis zur Rheinmündung, bis zum Rande des mitteldeutschen Gebirgsrandes und weiter bis in die Gegend von Kiew im Inneren Russlands den Boden zusammensetzen, und zwar in einer Mächtigkeit von durchschnittlich etwa 50, stellenweise aber in einer solchen von 150, ja über 200 *m*, — dass ferner alle die zahllosen, an der Oberfläche dieses weiten Gebietes zerstreuten, zum Teile riesigen erratischen Blöcke, — dass endlich das gesamte Schuttmaterial des von Littauen bis nach Jütland die Ostsee umsäumenden, im Turmberge bei Danzig 331 *m* hohen baltischen Landrückens — dass dies gesamte ungeheuere Gesteinsmaterial nordischen Ursprungs und durch die vorrückenden Eismassen der Oberfläche der skandinavisch-baltischen Länderräume entführt worden ist.

»Zerstörung, Abtragung und Fortführung von Gesteinsmaterial des Felsuntergrundes bildet aber nur die eine Form der Wirksamkeit des vorrückenden Gletschereises, die zweite ist diejenige der Wiederablagerung dieses Materials, die Akkumulation, und diese ist für die Herausbildung des Ostseebeckens von nicht geringerer Bedeutung als jene Erosion gewesen. Als das augenfälligste Ergebnis dieser ablagernden Thätigkeit des Eises tritt uns der den Abschluss des Ostseebeckens von Littauen bis nach Jütland hin bildende baltische Landrücken entgegen. Besteht auch der Kern dieses Landrückens an zahlreichen Stellen aus Aufragungen des dortigen Grundgebirges, ist auch sein Verlauf und seine Erstreckung somit in dem tektonischen Baue des letzteren begründet, so setzt sich derselbe doch seiner Hauptmasse nach aus nordischem Schuttmateriale, aus Ablagerungen der eiszeitlichen Gletscher und ihrer Schmelzwasser zusammen.«

»Wie in jedem Vergletscherungsgebiete sowohl der Gegenwart wie der Glazialzeit, so lassen sich auch in dem baltischen zwei in dieser Hinsicht wesentlich voneinander verschiedene Abschnitte unterscheiden: die

zentralen Regionen als Gebiete vorherrschender Erosion, die peripherischen Teile als Gebiete vorherrschender Akkumulation. Entsprechend der Lage des Ausgangspunktes der eiszeitlichen Vergletscherungen im Norden des skandinavischen Hochlandes, gehört der gesamte Bottnische Meerbusen mitsamt dem grössten Teile der eigentlichen Ostsee den zentralen Regionen, also dem Erosionsgebiete an, entfällt dagegen der südliche Teil der eigentlichen Ostsee, vor allem aber die Beltsee und das südbaltische Littoral in die aus jener in allmählichem Übergange hervorgehende peripherische Zone insbesondere der für die Ausgestaltung des Bodens Ausschlag gebenden letzten Eisausbreitung. Auf diesen Umstand hauptsächlich gründet sich der auffällige Unterschied, welcher sich in dem Bodenrelief dieser beiden Teile des Gesamtbeckens zu erkennen giebt.

Nicht nur in diesen Hauptzügen der Gestaltungsweise des Ostseebeckens, auch in zahlreichen Einzelheiten, vor allem in Richtung, Verlauf und Gliederung der Küsten spiegelt sich die Einwirkung der an der Herausbildung des Beckens beteiligten Agenzien, an der einen Stelle der tektonischen, an anderen der glazialen, deutlich wieder. Die die schwedischen und finnischen Küsten von Karlskrona bis nach Kronstadt umsäumenden Schären, die zwischen diesem Insel- und Klippengewirre tief in das Land einschneidenden Fjärden, die Föhrden Schleswig-Holsteins, die Bodden der mecklenburgisch-neuvorpommerschen Küste sind sämtlich glazialer Entstehung, Erzeugnisse, sei es, wie namentlich die Schären, der Erosion, sei es, wie die Bodden, der ungleichmässigen Akkumulation. In den Buchten und Vorsprüngen Schonens anderseits, in den auffälligen Knicken der deutschen Küste in der Danziger und Oderbucht, in dem Verlaufe der Steilküsten Jasmunds auf Rügen, in der auffällig rhombischen Gestalt der Insel Bornholm — überall spiegelt sich der Einfluss der tektonischen Vorgänge wieder.

Die Ostsee in ihrer gegenwärtigen Ausdehnung und Beschaffenheit ist eine äusserst jugendliche Schöpfung. Ihr Bestand als dauernde Wasserbedeckung des skandinavisch-baltischen Beckens reicht nicht weiter als bis in die Schlussabschnitte der Glazialzeit zurück.

Alle die für die heutige Erscheinungsweise des Ostseebeckens so belangreichen glazialen Umgestaltungen des Bodenreliefs, welche sich an das Vorhandensein und die Lage dieser Horste knüpfen, die einseitige Anlagerung jüngeren Schuttlandes an dieselben, die letzte, besonders massenhafte Anhäufung von Glazialmaterial im Bereiche jener randlichen Aufragungen, sind erst eine Schöpfung der letzten Vereisung. Ihre Erosions- und Akkumulationswirkungen erst sind es gewesen, welche, weil durch keine spätere Eisausbreitung wieder zerstört und verwischt, unserem Becken auch abseits jener Horste seine endgültige Gestaltung verliehen haben.

Erst mit dem Rückzuge dieses letzten Eisstromes waren nach alledem die Bedingungen geschaffen, unter welchen eine dauernde Wasserbedeckung des von den Eismassen geräumten Bodens erfolgen konnte, erst aus dieser jugendlichen Zeit datiert somit das Alter des heutigen Ostseebeckens.

Aber keineswegs bildete sich nun die Ostsee selbst so, wie wir sie kennen, heraus, vielmehr musste sie erst mehrere Vorstufen durchlaufen. Zuerst sammelte sich ein Eismeer mit hochnordischer Tierwelt an. Dieses Eismeer reichte südlich nur bis Schonen und Bornholm; es war aber mit dem Skagerrack und dadurch mit der Nordsee verbunden, und zwar bestand die Verbindung an der Stelle, wo jetzt Wener- und Wettersee liegen. Die Verbindung war durch eine Senkung des skandinavischen Festlandes ermöglicht worden, die in Ingermanland 270 *m* betragen haben muss. Der Senkung folgte eine Hebung desselben Landes, und damit eine Abschnürung des Ostseebeckens von der Nordsee. Wener- und Wettersee trennten sich von Nord- und Ostsee; es blieb aber in ihnen eine Reliktenfauna zurück, eine kleine Zahl von Arten, die sich, trotzdem aus dem Salzwasser nun Süsswasser wurde, doch lebend bis jetzt erhalten hat. Die

Abtrennung von der salzigen Nordsee hatte eine Aussüssung der Ostsee zur Folge, ferner eine Hebung ihres Wasserstandes, die zu der Überflutung des bis dahin trocken liegenden Ufergeländes zwischen Schweden, Dänemark und den westlichen deutschen Küsten führte. Das Ostseewasser suchte einen Ausweg durch die jetzigen Wasserstrassen Belt und Sund. Die Hebung wurde indes von einer neuen Senkung abgelöst, und damit gewann wieder Nordseewasser Eintritt in die Ostsee, allerdings nur durch jene Strassen, da die Senkung Ingermanlands diesmal nur 100 *m* betrug. Es entstand ein Brakwasser, salziger als das jetzige Ostseewasser. Dies Brakwasser breitete sich bis zum äussersten Teile des Bottnischen Meerbusens aus, wie die dort gefundenen fossilen Litorinaarten zeigen, deren lebende Nachkommen nur noch in dem salzreicheren Beltsee zu finden sind. Eine abermalige Hebung des skandinavischen Festlandes führte endlich zur gegenwärtigen Gestaltung der Dinge. Abermals begann eine Aussüssung des Brakwasserbeckens durch die einströmenden Flüsse, und allmählich sank der Salzgehalt bis auf die heutige Höhe (zwischen Möen und Bornholm acht, weiter östlich um sieben Tausendstel). Nur in den unteren Schichten der Tiefbecken blieb der Salzgehalt wegen der grösseren Schwere dieses Wassers, das aus den Kesseln nicht herauskonnte, höher. Ebenso bildeten sich die heutigen Umrisse der Ostsee heraus, und es siedelte sich die heutige Tierwelt, namentlich Lymnaea und Alga avenaria an. Aber ein Abschluss ist noch nicht erreicht, das gegenwärtige Bild der Ostsee ist auch nur ein Augenblicksbild. Die Hebung Skandinaviens dauert fort, wogegen die deutsche Küste ihre Höhenlage innehält. Nur Abspülung und Anschwemmung verändert die Gestalt dieser Küste. Die Landzerstörung bekundet sich durch Steinriffe, Untiefen und Steiluferbildung, der Landaufbau durch Haken, Nehrungen, Dünen, Moorbildungen, Flussanschwemmungen und Deltas. Abzuwarten bleibt, ob der Kaiser-Wilhelm-Kanal irgend welchen Einfluss auf die natürlichen Verhältnisse der Ostsee äussern wird.«

Forschungen im Marmarameere auf dem Dampfer Selanik im Jahre 1894. Die merkwürdige Thatsache, dass im Schwarzen Meere in grösseren Tiefen erhebliche Mengen von Schwefelwasserstoff vorkommen[1]), während im Mittelmeere ein solches Vorkommen nirgendwo nachgewiesen ist, veranlasste die russische geographische Gesellschaft, eine bezügliche Untersuchung des Marmarameeres ins Auge zu fassen. Es gelang, für das Unternehmen das Interesse des Sultans zu erregen, der die Erlaubnis dazu erteilte und den Dampfer »Selanik« zur Verfügung stellte[2]). Die Fahrt der Expedition dauerte vom 7. September bis zum 11. Oktober; während dieser Zeit wurden an 61 Punkten des Marmarameeres Beobachtungen angestellt. Der Endpunkt lag am Ausgange ins Mittelmeer. Die Hauptresultate der Untersuchungen lassen sich in Folgendem zusammenfassen:

Der Boden des Marmarameeres weist drei Kessel auf, welche annähernd auf einem Parallelkreise liegen; von ihnen ist der westliche und mittlere über 600 Faden (1080 *m*), der östliche aber an zwei Stellen über 700 Faden (1360 *m*) tief. Die grösste gemessene Tiefe ist 767 Faden (1404 *m*). Der östliche Kessel fällt zusammen

---

[1]) Vgl. Klein, Jahrbuch 3. p. 264. **4.** p. 195.

[2]) Annalen der Hydrographie 1895. p. 314, woselbst der oben folgende Text nach dem russischen Originale.

mit dem Mittelpunkte des Erdbebens, welches am 10. Juli in Konstantinopel auftrat, und nach den Untersuchungen von Eginitis die grösste Ausbreitung von allen bekannten Erdbeben der letzten Jahre hatte. Unsere Lotungen deuten anscheinend auf eine Vergrösserung der Wassertiefen in diesem Gebiete. Ein solches Zusammentreffen legt den Gedanken nahe, dass das Erdbeben vom Juli durch eine Senkung des Meeresbodens infolge von inneren Höhlungen oder Zusammenziehung der Erdkruste entstanden sein könne. Sollten in Zukunft genauere Tiefenmessungen in der erwähnten Gegend die Zunahme der Tiefen sicher feststellen, so würde dieses der erste thatsächliche Nachweis einer Senkung des Meeresbodens in historischer Zeit sein. Dass das Erdbeben von Konstantinopel nicht vulkanischen Ursprungs war, zeigen die Beobachtungen der Expedition über den Schlamm in grossen Tiefen; nirgends wurden Spuren vulkanischer Produkte gefunden.

In bezug auf seine chemisch-physikalische Natur zeigt sich das Marmarameer dem Mittelmeere verwandt, und nur seine Oberflächenschicht giebt Anzeichen ihres Ursprungs aus dem Schwarzen Meere. Der bedeutende Unterschied im Salzgehalte des Schwarzen und des Mittelländischen Meeres ruft eine zwiefache Bewegung des Wassers im Marmarameere hervor. In der Tiefe fliesst das salzigere Wasser des Mittelmeeres zum Schwarzen Meere, an der Oberfläche bewegt sich das ausgesüsste und darum leichtere Wasser in der entgegengesetzten Richtung. Im Bosporus und den Dardanellen verstärkt sich diese Bewegung zu einer sehr merkbaren doppelten Strömung; an der Oberfläche erreicht ihre Geschwindigkeit zwei Knoten und mehr, in der Tiefe etwas mehr als einen Knoten. Die Grenze der Strömungen geht im Zickzack durch das ganze Marmarameer auf der Tiefe von sieben bis zwölf Faden (12 bis 22 *m*). Das ganze Becken des Marmarameeres ist von einer Tiefe von 15 Faden (27 *m*) an mit Wasser vom Salzgehalte des Mittelmeeres (ca. 3.8 %) gefüllt, während sein Oberflächenwasser nicht viel mehr Salz enthält als das Schwarze Meer (etwa 2.4 %). Die Temperatur des Wassers war an der Oberfläche 19.6° C. mit Abweichungen von nicht mehr als $\pm$ 1.4°, um 0.7° C. höher als die Temperatur der Luft. Bis zur Tiefe von 12 bis 22 *m* ist fast keine Änderung der Temperatur des Wassers zu bemerken, weiterhin sinkt sie plötzlich auf etwa 17° C., und von 27 *m* Tiefe an folgt eine langsame Abnahme; in 180 *m* Tiefe ist sie etwa 14.5° C., von 360 *m* an beträgt sie bis zum Boden gleichmässig 14.2° C.

Die durchgehende Strömung im Marmarameere befördert die vertikale Zirkulation, und indem sie die Stagnation des Wassers in der Tiefe verhindert, bringt sie in dieselbe genügende Mengen Sauerstoff zur Oxydation der Gärungsprodukte; daher trifft man in allen Tiefen des Marmarameeres, wie die Untersuchungen der Expedition gezeigt haben, nirgends Schwefelwasserstoff an, und ist das organische Leben hier, wenn auch nicht so reich wie im Mittel-

meere, doch überall vorhanden, selbst in den grössten Tiefen. Vertreter der Tiefenfauna sind hier vorwiegend Crustaceen und Schwämme, in seltenen Fällen wurden Tiefseefische angetroffen.

Tiefseeforschungen im Marmarameere. Auf Grund der Beobachtungen, welche das österreichische Kriegsschiff »Taurus« im Marmarameere ausgeführt, hat Dr. Konrad Natterer eine Untersuchung über das Wasser dieses Meeres angestellt, deren Ergebnisse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien vorgelegt wurden [1]).

Es war bekannt, dass durch die beiden Meerengen, zwischen welchen das Marmarameer liegt, nicht bloss Wasser aus dem Schwarzen Meere in das Marmarameer, beziehungsweise in das Ägäische Meer fliesst, sondern auch — als Unterströmungen — Wasser aus dem Ägäischen Meere in das Marmarameer, beziehungsweise in das Schwarze Meer. Man wusste, dass der Salzgehalt des Wassers, welches durch den Bosporus in das Marmarameer gelangt, nur halb so gross ist als der Salzgehalt jenes Wassers, welches durch die Dardanellen in dasselbe Meer gelangt. Ferner, dass das Wasser der Unterströmung des Bosporus fast ebenso zahlreich ist, als das Wasser der Unterströmung der Dardanellen, und dass das Wasser der Oberströmung der Dardanellen nur wenig zahlreicher ist, als das Wasser der Oberströmung des Bosporus.

Es hatte also den Anschein, als ob sich das salzarme Wasser, welches durch den Bosporus in das Marmarameer kommt, im Marmarameere oberflächlich ausbreiten würde, um dann, nur wenig zahlreicher geworden, durch die Dardanellen in das Ägäische Meer abzufliessen. Bei der Untersuchung des Marmarameeres handelte es sich in erster Linie um das Verhalten des Tiefenwassers unter dem zu erwartenden, durch das oben aufschwimmende salzarme Wasser bedingten Abschlusse von der Atmosphäre.

Es hat sich gezeigt, dass ein Abschluss des Tiefenwassers von der Atmosphäre nicht in dem Masse vorhanden ist, wie im Schwarzen Meere. Keine von den vielen in den Tiefen des Marmarameeres geschöpften Wasserproben enthielt Schwefelwasserstoff, keine von den vielen Grundproben (als grösste Tiefe wurden 1356 *m* gelotet) enthielt Schwefeleisen. Alle vorgenommenen, sich teils auf die seichten Meeresteile, teils auf das Gebiet der grössten Tiefen erstreckenden Dredschungen und Fischoperationen in Zwischentiefen ergaben positive Resultate. Die besten Ausbeuten an Tiefseetieren wurden in den mittleren Teilen des Gebietes der grössten Tiefen erhalten.

Die Hauptrolle bei den in den Meerestiefen vor sich gehenden chemischen Reaktionen schreibt Verf. den kleinen Pflanzen- und Tierleichen zu, welche aus den obersten, am meisten belebten Wasserschichten zu Boden sinken. In höherem Grade als im öst-

---

[1]) Sitzungsber. der math.-naturw. Kl. vom 10. Januar 1895. Nr. 1.

lichen Mittelmeere enthielten die im Marmarameere aus den verschiedensten Tiefen geschöpften Wasserproben weissliche, sich bald zu Boden setzende Flöckchen organischer Natur, anscheinend mehr oder weniger verweste Teile von Organismen. Anorganische Schwimmkörperchen (Gesteinsteilchen) wurden im Wasser des Marmarameeres ebensowenig beobachtet als in der Regel im Wasser des östlichen Mittelmeeres. Auf den grösseren Gehalt an organischen Schwimmkörperchen führt Verf. den Umstand zurück, dass die Durchsichtigkeit des Wassers der obersten Wasserschicht im Marmarameere nur halb so gross gefunden wurde, als in der Regel im östlichen Mittelmeere. Dabei ist zu bemerken, dass die Durchsichtigkeit der obersten Wasserschicht im östlichen und westlichen Teile des Marmarameeres gleich gering war, also nicht damit zusammenhängt, dass von Konstantinopel aus eine Verunreinigung des Marmarameeres stattfindet.

Die organischen Schwimmkörperchen setzen sich im Meere zu Boden. Es wird dies um so später geschehen, je mehr sie daran durch eine horizontale Bewegung der Wassermassen gehindert werden. Bei ihrer Verwesung beanspruchen sie fortwährend Sauerstoff. Die im Marmarameere beobachteten geringsten Sauerstoffgehalte waren etwas grösser als ein Drittel derjenigen Sauerstoffmenge, welche im Oberflächenwasser des östlichen Mittelmeeres während der Sommermonate gelöst ist. Ebensowenig als im Mittelmeere oder im Ozeane entsteht bei dem Sauerstoffverbrauche eine demselben auch nur annähernd äquivalente Kohlensäuremenge. Bei weitem der grösste Teil des Sauerstoffes dient zur Bildung von Zwischenprodukten der Oxydation. Und zwar sind die Zwischenprodukte der Oxydation und die sonstigen Zersetzungsprodukte der Pflanzen- und Tierleichen nur spurenweise im Wasser gelöst. Fast alles ist im Wasser noch nicht aufgelöst und in den organischen Schwimmkörperchen enthalten.

Immerhin zeigte es sich als eine Folge des erhöhten Sauerstoffverbrauches, dass im Marmarameere an vielen Stellen der tieferen und tiefsten Wasserschichten wegen der bei der Oxydation von organischen Substanzen entstandenen Kohlensäure die alkalische Reaktion etwas geringer ist, als im gewöhnlichen Meerwasser. Auf einer von den 44 Beobachtungsstationen fand sich in 1056 *m* Tiefe eine schwach saure, kohlensaure Reaktion des knapp über dem Meeresgrunde vorhandenen Wassers.

Bei gewöhnlichem, alkalisch reagierendem Meerwasser ist das Lösungsvermögen Gesteinsteilchen und Muschelschalen gegenüber nur gering. Verstärkt wird dieses Lösungsvermögen in dem Grade, als die alkalische Reaktion des Meerwassers einer kohlensauren Reaktion Platz macht. Die verringerte oder fehlende alkalische Reaktion des Wassers in Teilen der Tiefen des Marmarameeres bringt es offenbar mit sich, dass auf dem Grunde des Gebietes der grössten Tiefen dieses Meeres keine oder fast keine Muschelschalen

dem lehmartigen Schlamme beigemengt sind. Die zu Boden sinkenden kleinen Muschelschalen kommen entweder gar nicht bis an den Meeresgrund, weil sie vorher gelöst werden, oder sie unterliegen auf dem Meeresgrunde der Auflösung.

Eine Auflösung von Muschelschalen auf dem Meeresgrunde, sowie überhaupt das Vorsichgehen von Lösungserscheinungen auf dem Grunde des Marmarameeres wird noch durch folgendes gefördert. Die auf dem Grunde dieses Meeres zur Ablagerung kommenden organischen Schwimmkörperchen sind während ihres Zubodensinkens oder während ihres Vertragenwerdens durch Strömungen schon in hohem Grade der Oxydation unterlegen, und zwar ist dabei hauptsächlich der stickstoffhaltige, eiweissartige Teil der organischen Substanzen der Oxydation verfallen. Die Folge ist, dass sich dann auf dem Meeresgrunde bei der Oxydation des Restes der organischen Substanzen relativ geringe Mengen von Ammoniak bilden. In dem Masse als die Oxydation organischer Substanzen auf dem Grunde des Marmarameeres fortschreitet, entsteht wohl immerfort neue Kohlensäure, nicht aber, oder in viel geringerer Menge auch neues Ammoniak. Und gerade dieses Ammoniak könnte die lösende Kraft der entstehenden Kohlensäure schwächen oder in das Gegenteil, in eine Niederschläge durch chemische Fällung bewirkende Kraft umwandeln.

Schon im östlichen Mittelmeere, besonders im Ägäischen Meere, hatte es sich gezeigt, dass auf dem Meeresgrunde stellenweise keine Fällungen, sondern Lösungserscheinungen stattfinden. Das letztere scheint im Marmarameere die Regel zu sein. Von besonderer Bedeutung kann dies dort werden, wo der unterseeische Abfall der Küste sehr steil ist, wie es im Marmarameere an einigen Stellen zutrifft. Wenn durch sehr lange Zeit Lösungserscheinungen in den unteren Teilen des unterseeischen Abfalles stattgefunden haben, dann kann ein Abrutschen der oberen Teile des unterseeischen Abhanges eintreten. Es ist also möglich, dass durch die auf dem Meeresgrunde, besonders der tieferen Teile des Marmarameeres vor sich gehenden Lösungserscheinungen, sowie eventuell dadurch, dass bei unterseeischen Abrutschungen Schlamm aufgewühlt und dann durch Meeresströmungen aus dem Becken des Marmarameeres durch eine der beiden Meerengen entfernt wird, ganz langsam eine Vertiefung des Marmarameeres erfolgen wird und in früheren geologischen Zeiten erfolgt ist.

Die vom Verf. ausgeführten Bestimmungen der im Meerwasser enthaltenen salpetrigen Säure und des darin als Salz vorhandenen Broms sprechen dafür, dass ein sehr langes Verweilen von Wasser in den Tiefen des Marmarameeres in der Regel nicht stattfindet, dass sich vielmehr durch auf- und absteigende Strömungen, sowie im östlichen Mittelmeere, in einem für verschiedene Vorgänge mehr oder weniger ausreichenden Masse eine Erneuerung des Wassers vollzieht. Wichtig ist dies insofern, als dadurch die Wassermassen

der Tiefen nach und nach in die obersten, dem Sonnenlichte ausgesetzten Meeresschichten und zum Teile durch Vermischen mit dem im Marmarameere obenauf schwimmenden salzarmen Wasser bis an die Meeresoberfläche gelangen. Es kann also die in den Tiefen entstandene Kohlensäure bis zu einem gewissen Grade entweder in die Atmosphäre entweichen oder in den obersten Meeresschichten selber in pflanzlichen Organismen zur neuerlichen Bildung organischer Substanzen verwendet werden. Das besonders in den oberen Meeresschichten gebildete Ammoniak kann in die Atmosphäre übergehen. Zu einer Anhäufung von Ammoniak kann es nur auf und in dem Meeresgrunde kommen. Daraus, dass in den finsteren Meerestiefen bei der Verwesung von organischen Substanzen salpetrige Säure, wahrscheinlich durch Vermittelung von Mikroorganismen, entsteht, und dass dieselbe durch aufsteigende Strömungen in die obersten Meeresschichten geschafft wird, wo sie dem Pflanzenleben zu gute kommt, ergiebt sich, dass die Meerestiefen im Marmarameere sowohl als im Mittelmeere und als wahrscheinlich im ganzen Ozeane, gewissermassen düngend auf die obersten Meeresschichten wirken. Was bei dem durch die düngende Wirkung der Meerestiefen geförderten Pflanzenleben der obersten Meeresschichten an Sauerstoff und an Ammoniak entsteht, kommt zum Teile früher oder später dem Tier- und Pflanzenleben des Festlandes zu gute.

Im Marmarameere ist die unter 300 *m* beobachtete Temperatur etwas höher als die im Mittelländischen Meere unter 300 *m* herrschende. Ausserdem ist sie grösseren lokalen Schwankungen unterworfen als die letztere. Verf. erklärt dies in der Art, dass er (wegen des Durchfliessens fremder Wassermassen) eine besonders lebhafte, vorwiegend horizontal, stellenweise auf- und absteigend verlaufende, kreisende Bewegung des gesamten Wassers im Marmarameere annimmt, welche Bewegung nicht nur die Winterkälte, sondern auch, obzwar in geringerem Masse, die Sommerwärme der obersten Meeresschichten in die Tiefe führt. In anderen abgeschlossenen Meeren fällt hauptsächlich nur das im Winter kalt und schwer gewordene Oberflächenwasser hinab. Während sich in den Tiefen solcher anderer Meere die mittlere Wintertemperatur eingestellt hat, konnte in den Tiefen des Marmarameeres im Laufe der Zeit eine Temperatur zu stande kommen, welche sich der mittleren Jahrestemperatur der Gegend des Marmarameeres nähert.

Schon im Mittelmeere hatte den Verf. eine Reihe von chemischen Beobachtungen dazu veranlasst, eine kreisende, vorwiegend horizontal verlaufende Bewegung des gesamten Wassers als wahrscheinlich hinzustellen, welche Bewegung so wie die Bewegung des Oberflächenwassers an den Rändern des Mittelmeeres entgegengesetzt dem Sinne des Zeigers einer Uhr vor sich geht.

Es zeigte sich im Marmarameere, dass in dessen mittleren Teilen, besonders in den mittleren Teilen des Gebietes grösster Tiefen, Wasser der obersten salzarmen Meeresschicht stellenweise —

durch die kreisende, wirbelartige Bewegung des gesamten Wassers — dazu gebracht wird, in grosse Tiefen unterzutauchen. Und zwar scheint dieses Untertauchen einzelner Wassermassen striemen- oder streifenförmig und in Spirallinien zu erfolgen. Diese in den mittleren Teilen des Marmarameeres vorhandenen absteigenden Meeresströmungen bewirken es anscheinend, dass das durchschnittliche spezifische Gewicht des Wassers in der Meeresmitte von der Oberfläche bis zum Grunde geringer ist als an den Rändern des Meeres. Würde im Marmarameere ein hydrostatisches und nicht ein hydrodynamisches Gleichgewicht herrschen, so müsste das Niveau in der Meeresmitte beiläufig um 6 *m* höher stehen als an den Rändern des Meeres.

Die Erforschung der Meeresströmungen durch Flaschenposten ist vom Hydrographischen Amte in Washington aufgenommen worden[1]. Auf der Rückseite der Juninummer der Atlantic Pilot-Charts 1895 veröffentlicht dasselbe eine Reihe von Strombeobachtungen vermittelst Flaschenposten, welche im Laufe der letzten sechs Monate seitens dieses Institutes gesammelt worden sind. Die in einer Karte niedergelegten Kurse und Distanzen, welche die Flaschen zurückgelegt haben, ergeben in Verbindung mit früheren Beobachtungen, die in einem Supplemente der Julikarte 1891 veröffentlicht wurden, dass eine nahezu kreisförmige Bewegung des Wassers im Atlantischen Ozeane stattfindet, und zwar um einen südwestlich der Azoren gelegenen Mittelpunkt. Das Gebiet dieser Strombewegung fällt ungefähr mit der anticyklonischen Region zusammen, um welche die vorherrschenden Winde in gleicher Richtung wehen. Von einem Punkte im Süden der Grossen Neufundlandbank ausgehend, steigt die äussere Kante dieses ausgedehnten Stromsystemes gegen Norden an, bis zum 50. Breitenparallele, wo die Bewegung in eine mehr östliche übergeht. Nordwestlich der Azoren zweigt sich ein Teil des Stromes ab, um eine nordöstliche Richtung zu verfolgen. Flaschen, die in diesen Arm geraten sind, wurden durch den Strom bis an die Küsten Schottlands und Norwegens getragen. So hat eine Flasche, welche auf ca. 56° Breite und 31° westl. L. ausgesetzt wurde, ihren Weg südöstlich von Island vorbei und ums Nordkap herum gefunden und ist dann in der Nähe des Varanger Fjords an den Strand gespült worden. Die Haupttrift schneidet den Meridian von 20° zwischen 40 und 50° nördl. Br., wendet sich dann südlich nahezu parallel mit den europäischen Festlandküsten mit einer kleinen Ablenkung nach der Strasse von Gibraltar. Wo die äussere Stromkante von der afrikanischen Küste abbiegt, wendet sie sich südwestlich, um sich mit dem Äquatorialstrome zu verbinden und mit diesem durch die Yucatanstrasse in den Golf von Mexiko zu dringen, von wo aus dann das Wasser mit dem Golfstrome durch die Floridastrasse wieder nach Norden geführt wird.

---

[1] Hansa 1895. p. 315.

Besonders interessant ist die Trift, welche die Flaschen im Gebiete der in letzter Zeit viel besprochenen Rennellströmung genommen. Die Flaschen, welche südlich von Irland, rechts vor der Kanalmündung über Bord geworfen worden sind, haben ihren Weg in gerader Richtung hinein nach dem englischen Kanale genommen und sind alle drei an der französischen Kanalküste an den Strand geworfen worden. Die eine hat La Hague und Barfleur umsteuert und ist in der Seinemündung aufgefischt worden, die beiden anderen sind ungefähr bei Les Héaux an Strand gespült worden. Die Trift dieser Flasche scheint gegen das Vorhandensein der berühmten Rennellströmung zu sprechen, dagegen hat aber eine vierte Post, die ungefähr auf der nämlichen Stelle wie die übrigen drei ausgesetzt worden ist, ihren Kurs westlich um Irland herum genommen und ist an dessen Nordküste angetrieben. Hier ist jedoch zu bemerken, dass, während diese Flasche getrieben, in diesem Gebiete eine Reihe südlicher Stürme aufgetreten ist, die den von den übrigen Flaschen abweichenden Verlauf zu erklären im stande ist. Andere Beobachter, wie der Erbprinz von Monaco, der in seiner Yacht l'Hirondelle besonders den Verlauf dieser Strömung zu verfolgen bemüht gewesen ist, haben gleichfalls keine Beweise des Vorhandenseins der kontinuierlichen Rennellströmung gefunden. Eine bemerkenswerte Anomalie weist auch eine im Golfe von Mexiko ausgesetzte Flasche auf. Allgemein wird angenommen, dass das Wasser im Golfe von Mexiko östlich und nördlich einer von der Mitte der Yucatanstrasse nach der Mississippimündung gedachten Linie nach Norden durch die Floridastrasse verlaufe, indessen ist diese Flaschenpost, die ca. 140 Meilen südlich von Pensacola über Bord geworfen wurde, nordwestlich gewandert, quer vor der Mississippimündung vorüber und ist in der Atchafalaya-Bay angetrieben. Eine andere Flaschenpost hat gleichfalls einen Weg zurückgelegt, der im Widerspruche mit der traditionellen Auffassung über den herrschenden Stromverlauf steht. Sie wurde mitten auf der grossen Neufundlandbank ausgesetzt und wanderte von dort mit einer Geschwindigkeit von 50 Meilen pro Tag an der Ostküste von Neufundland entlang nach Norden, also in gerade entgegengesetzter Richtung, wie die hier allgemein angenommene Labradorströmung verläuft. Dabei zeigen die synoptischen Wetterkarten während der Zeit der Trift keineswegs aussergewöhnlich starke oder besonders häufige südliche Winde. Eine dritte Flasche, die in der Region des Golfstromes auf ca. 80° westl. L. und 30° nördl. Br. über Bord geworfen wurde, hat sich, in grossem Bogen den Golfstrom durchschneidend, wieder südlich gewandt, ist an der Aussenseite der Bahamainseln entlang getrieben und an der Küste von San Salvador an Strand gespült worden. Diese Abweichung von der allgemein angenommenen Regel erklärt sich indessen durch eine Reihe schwerer nordwestlicher Stürme, die in der Zeit zwischen dem Überbordwerfen und dem Auffinden der Flasche vorgeherrscht haben.

Allen Flaschenposten haftet notwendig der Übelstand an, dass die Zeit, während welcher sie unentdeckt auf dem Strande liegen, als absolut unbekannte Grösse, einen mehr oder minder grossen Fehler in die aus der Triftzeit abgeleitete Stromgeschwindigkeit bringen muss. Dem gegenüber ist es bemerkenswert, dass die mittleren täglichen Triften für drei Flaschen, die in der Äquatorialströmung ausgesetzt wurden und an der Nordostküste Brasiliens entlang getrieben worden sind, nur wenig voneinander abweichen, indem sie ein Mittel von acht Meilen pro Tag ergeben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Flaschen zu ganz verschiedenen Jahreszeiten getrieben und durchaus verschiedene Totaldistanzen zurückgelegt haben. Ähnliches gilt auch für eine Reihe von Flaschenposten, die dem Laufe des Golfstromes im Mitt-Atlantik gefolgt sind. Dieselben geben durchschnittlich eine Stromversetzung von sieben Meilen pro Tag, und von diesem Mittel, das wiederum aus der zwischen Aussetzen und Auffinden von drei Flaschenposten verflossenen Zeit abgeleitet ist, weichen die Tagestriften der einzelnen Flaschen nur wenig ab. Sie betragen resp. 6.4, 6.9 und 7.1 Meilen pro Tag.

Die Rennellströmung im Biskayischen Meere. Mehrere neue Untersuchungen, über welche in den Annalen der Hydrographie[1]) berichtet wird, führen übereinstimmend zu dem schon 1884 vom Kontreadmirale Hoffmann ausgesprochenen Ergebnisse, dass die sogenannte Rennellströmung nicht existiert. Alles zusammenfassend, kommt der genannte Bericht zu folgendem Ergebnisse:

»Vor dem Eingange des Golfs von Biskaya schwimmende Körper haben während des Sommers die Neigung, in den Golf einzudringen. Ihre Geschwindigkeit nimmt ab in dem Masse, wie sie sich der Küste nähern.

Während des Winters zeigen sie widersprechende Bewegungen in allen Richtungen.

Die Strömungen an der Küste des Landes sind die direkte Folge des Stosses der Winde.

Während der warmen Monate haben die Winde eine markierte Neigung, während des Tages von See gegen das Land zu wehen und während des Nachmittags bis Nordwest zu drehen. Das Oberflächenwasser gehorcht diesem Drucke. Aus diesem Grunde ist die Küste des Landes für Treibobjekte ein Punkt der Antrift, welcher in dieser Hinsicht kaum seinesgleichen findet.

Nahe der Küste existiert eine Art von Gegenwirkung, welche die Geschwindigkeit aufhebt und die Landung verzögert. Um letztere zu erleichtern, ist die Hilfe starker Seewinde erforderlich.

Nach den Routen treibender Objekte, welche nur kurze Zeit im Wasser waren, betragen die Geschwindigkeiten in der Mitte des Golfes von fünf bis zu sechs Seemeilen in 24 Stunden, innerhalb

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1895, p. 292.

30 Seemeilen von der Küste zwei bis drei Seemeilen pro Tag. Mit starken westlichen Winden haben die Geschwindigkeiten sechs Seemeilen in 24 Stunden nicht überschritten.

9. Quellen und Höhlen.

Über Quellenbildung im nordostdeutschen Diluvialgebiete verbreitete sich auf Grund örtlicher Beobachtungen G. Müller[1]). Im nordostdeutschen Flachlande sind ergiebige Quellen nur selten vorhanden, und dieser Mangel hängt mit der Oberflächengestaltung und dem geologischen Aufbaue des Diluviums zusammen. Zunächst sind im Bereiche des norddeutschen Diluviums die Einzugsgebiete für die atmosphärischen Niederschläge, bezw. die abflusslosen Gebiete viel kleiner, als in den von Gliedern älterer Formationen aufgebauten Gegenden, da die milden quartären Gesteinsarten der Erosion, vor allem in der mit ungeheuren Wassermengen ausgerüsteten Glazialperiode, verhältnismässig geringen Widerstand boten und so zur Bildung zahlloser Rinnen und tiefer Becken Anlass gaben. Dazu kommt die geringe Undurchlässigkeit der Mehrzahl der quartären Ablagerungen, infolge deren die einziehenden atmosphärischen Niederschläge leicht in tiefe Regionen eindringen, sich hier als Grundwasser ansammeln, bezw. den stehenden und fliessenden Gewässern zufliessen, ohne zur Bildung sichtbarer Quellen Anlass gegeben zu haben. Hauptsächlich tritt diese unterirdische Entwässerung in Gebieten ein, die ausschliesslich aus mächtigen Kies- und Sandablagerungen aufgebaut sind, wie z. B. in den Heidesandgebieten Hinterpommerns.

Absolut wasserundurchlässige Schichten (Diluvialthone) finden wir in dem norddeutschen Flachlande verhältnismässig vereinzelt und meist auch nur in geringer horizontaler Verbreitung. Von grösserer horizontaler Verbreitung erweist sich nur der Geschiebemergel, unter den quartären Bildungen nahezu einzig und allein als zur Quellenbildung anlassgebend.

Von den in der Litteratur gewöhnlich unterschiedenen Quellenarten: Schichtquellen, Kluftquellen und Verwerfungsspaltenquellen (die Überfallsquellen sind nur Abarten der Schichtquellen) treffen wir in der Regel im Diluvium nur die Schichtquellen, da die beiden anderen Arten sich bei der Plastizität der quartären Bildungen nur in den seltensten Fällen bilden können.

Diese können sich naturgemäss nur dort finden, wo die Thätigkeit des oberflächlich abfliessenden Wassers so tiefe Rinnen oder Becken in die Diluviallandschaft eingeschnitten hat, dass die Oberkante einer wasserführenden Schicht, im allgemeinen eines Geschiebemergels, angeschnitten worden ist.

Von den beiden, bei der geologischen Kartenaufnahme des norddeutschen Quartärs gewöhnlich unterschiedenen Geschiebemergeln

---

[1]) Potonié's Wochenschrift **10.** Nr. 41. p. 489.

ist es naturgemäss hauptsächlich der untere, welcher zur Quellenbildung Veranlassung gegeben hat. In der That finden wir überall dort, wo die Erosion die diluvialen Bildungen bis zur Oberkante des unteren Geschiebemergels fortgeschafft hat, Quellen herausfliessen.

Die stärksten natürlichen Quellen werden in demjenigen Teile eines Erosionsthales zu Tage treten, wo sich die Oberkante des wasserführenden Geschiebemergels auf gleicher Höhe mit der Thalsohle befindet, da sich hier die auf dem Geschiebemergel abfliessenden Wasser mit dem Grundwasser des Thales vereinigen. Ein schönes Beispiel hierfür geben die Quellen bei der Bergholzer und Menkiner Mühle am westlichen Ufer des Randowthales bei Löcknitz ab, woselbst die über dem unteren Geschiebemergel heraustretenden Quellen so stark sind, dass sie sofort eine Mühle zu treiben im stande sind, während die thalabwärts über der Thalsohle entspringenden Quellen nur geringe Wassermengen zu Tage fördern. Auch in Ostpreussen liefern die über dem unteren Mergel entspringenden Quellen die vielfach ganz bedeutende Wasserkraft für zahlreiche Wassermühlen. Bei etwaigen Brunnenbohrungen wird man daher in der Regel bis auf die Oberkante des unteren Geschiebemergels heruntergehen müssen, welcher natürlich in den verschiedenen Gegenden verschieden hoch über dem Meeresspiegel, vielfach auch unter Tage liegt.

Der über oder unter dem unteren Geschiebemergel folgende Thonmergel wird dort als Quellenhorizont zur Geltung kommen, wo er in grosser horizontaler Ausdehnung zur Ablagerung gelangt ist. Sollte man daher über dem Untermergel kein Wasser gefunden haben, so dürfte eine Fortsetzung der Bohrung immerhin zu empfehlen sein, also vor allem in von vielen Erosionsrinnen durchzogenen Gebieten. An Thalhängen, wo die Erosion bis zur Oberkante derartiger Thonmergel vorgeschritten ist, pflegen gleichfalls Quellen herauszutreten und dann bei verrutschten Gehängen einen guten Anhalt für die Kartenaufnahme abzugeben.

Die so erschlossenen Quellen sind jedoch, wenn über den wasserführenden Sandkiesen noch nicht entkalkter oberer Geschiebemergel folgt, meist sehr hart und zuweilen auch eisenhaltig, so dass dann ihre Brauchbarkeit für gewerbliche Zwecke unmöglich ist.

Der obere Geschiebemergel wird nur dort als wasserführende Schicht auftreten, wo er seinerseits von noch jüngeren, zu einer mächtigen Entwickelung gelangten Bildungen, z. B. oberen Sand, überlagert ist. Er tritt als quellenhorizontbildend demnach zurück, da derartige Gebiete weniger vorhanden sind. Es kommen meist nur die Gebiete in Betracht, wo vor und hinter den Endmoränenzügen mehr oder weniger mächtige obere Sandmassen abgelagert sind. Man kann zwar vielfach auch in oberen Sandgebieten, in denen weniger mächtige Sandmassen abgelagert sind, Quellen über dem oberen Blocklehme heraustreten sehen, doch haben dieselben, weil zu unbedeutend, für die Praxis keine weitere Bedeutung. Die

Bewohner ausgedehnter Geschiebemergelplateaus werden daher leicht in Verlegenheit um gutes Trink- und Wirtschaftswasser sein, namentlich wenn diese so mächtig sind (wie z. B. in der Uckermark), dass etwaige Bohrungen erst in bedeutender Tiefe auf wasserführenden Sand oder Kies stossen können. Das Brunnenwasser solcher Gebiete ist dann auch meistens nur aufgesammeltes Regenwasser, zu dem die stark kalkhaltigen Sickerwässer des umgebenden Geschiebemergels treten. Um hier brauchbares Trinkwasser zu bekommen, wird man am besten zwischen zwei auf Geschiebemergelplateaus meist nicht seltenen Pfühlen oder Seebecken bohren, welche oberflächlich miteinander durch eine Rinne oder Senke verbunden sind. Sind die Senken mit humosem Alluvium erfüllt, so wird die Bohrung am zweckmässigsten am Rande derselben niedergebracht.

Die Stärke der Quellen ist überall abhängig von der Menge der atmosphärischen Niederschläge, von der Grösse des Einzugsgebietes und der petrographischen Beschaffenheit der die Oberfläche bildenden Schicht des Einzugsgebietes. Je weniger Widerstand die die Oberfläche bildende Gesteinsart dem Einziehen der Niederschläge entgegensetzt, desto stärker werden naturgemäss die Quellen sein. In diluvialen Landschaften liefern demnach sandige Gebiete stärkere Quellen als wie solche, in denen wenig verwitterte Geschiebelehme oder gar thonige Böden vorherrschen. Am günstigsten sind die Gegenden daran, in denen eine nicht zu mächtige Decke stark verwitterten Geschiebemergels oberflächenbildend auftritt, da die schwach lehmigen bis lehmigen Sande nach längerer Trockenheit für die Niederschläge sehr aufnahmefähig sind, während sie anderseits, sobald sie mit Wasser gesättigt sind, gegen das Austrocknen durch Wind und Sonne wenigstens so lange eine schützende Decke bilden, als die einsickernden Wässer in grössere Tiefen gelangt sind.

Ebenso ist die Beschaffenheit des Quellwassers abhängig von der petrographischen Zusammensetzung der von demselben durchflossenen quartären Bildungen. Quellen, welche am Rande eines ausgedehnten mächtigen Geschiebemergelplateaus heraustreten, sind reich an gelösten Verbindungen, unter denen kohlensaurer Kalk und Eisenoxydhydrat vorherrschen, während die am Rande von Sandgebieten heraustretenden Quellen naturgemäss weiches Wasser liefern.

Dort, wo sich die Oberkante der wasserführenden Schicht über die Thalsohle erhebt, geben etwaige Quellen vielfach Anlass zur Bildung von Gehängemooren. Im ersten Stadium werden die wasserhaltenden Sande und Kiese, insofern sie auf grössere Strecken hin in nicht zu starker Mächtigkeit die undurchlässige Schicht überlagern, infolge der andauernden Feuchtigkeit humos, um später zu reiner Moorerde zu werden, auf der sich dann schliesslich die torfbildenden Pflanzen so stark entwickeln, dass Torfmoore entstehen. Diese Gehängemoore wachsen naturgemäss allmählich dem Thale zu, bis sie sich mit dem Thalalluvium (Niederungsmoore) vereinigen. Geraten die Gehängemoore bei dem Hinabwachsen zur Thalsohle

auf reinen Geschiebemergeluntergrund, so pflegen sie an dieser Stelle kalkig zu werden, so dass sie in kalkigen Torf oder gar Moormergel übergehen.

Die Erdölvorkommnisse im Unterelsass besprach van Werveke[1]). Zunächst schildert er die geologischen Verhältnisse, welche für das Verständnis der Gewinnung und Entstehung des Erdöls dort notwendig sind. Die Gewinnung reicht sehr weit zurück. »Eine bitumenhaltige Quelle, welche in einer Wiese bei Pechelbronn entsprang und dieser Niederlassung den Namen gab, ist der Ursprung der heutigen Industrie. Wie weit die Kenntnis des Erdöls zurückreicht, geht aus einem von Wimpfeling im Jahre 1498 verfassten Berichte hervor, der schon damals den Gebrauch als einen alten bezeichnete.« Man begnügte sich anfangs damit, das auf dem Wasser schwimmende Öl abzuschöpfen. Im 16. Jahrhunderte lieferte die Quelle so viel Öl, dass die Bauern der Umgebung es zur Beleuchtung (Pechfackeln?) und als Schmieröl benutzten. Im Jahre 1735 fand ein in der Gegend ansässiger Arzt, Erynis von Erynis, 150 *m* von der Quelle entfernt ein anstehendes Lager von Ölsand, und im Jahre 1742 wurde durch de la Sablonnière der erste unterirdische Abbau in Angriff genommen. Im Jahre 1768 traten die Werke in den alleinigen Besitz der Familie Le Bel, in deren Händen sie während 120 Jahren, bis 1888, verblieben. Der Abbau folgte zuerst den ölhaltigen Sandstreifen, auf welche man durch Schächte niederging. Später wurden Parallelstrecken im Hangenden getrieben, nachdem der direkte Betrieb durch Öl- und Gasausbrüche, sowie durch Wasserandrang auf bedeutende Schwierigkeiten gestossen war. Der Bergbau bei Pechelbronn erstreckte sich bis zu einer Tiefe von 90 *m* und ist seit Ende 1888 zum Erliegen gekommen. Es wurden im ganzen zehn verschiedene Hauptlager neben einer grösseren Anzahl kleinerer Lager von elf Schächten aus abgebaut. Gefördert wurde das aus den Sanden ausquillende Öl (Sickeröl, Jungfernöl) und ölhaltiger Sand, aus welchem das Rohöl, ungefähr 4%, durch Auskochen gewonnen wurde.

Bohrarbeiten waren bis zum Jahre 1880 nur in untergeordneter Weise ausgeführt worden und hatten den Zweck, die Richtung der oberhalb der Öllager zu treibenden Versuchsstrecken festzustellen. Erst seit 1880 gewinnen dieselben an Bedeutung, und bis heute sind allein im Felde Pechelbronn weit über 500 Bohrlöcher niedergebracht worden. Die Resultate dieser Bohrungen, welche zumeist durch Wasserspülung ausgeführt werden, hat Bergrat Jasper eingehend zusammengestellt. Die Öllager, welche durch die Bohrungen festgestellt wurden, verteilen sich auf mehrere Horizonte, von denen der erste bei 80—90 *m*, der zweite bei 120—150 *m*, der dritte bei 180—200 *m*, der vierte und fünfte bei 230 *m* und 335 *m* angetroffen wird. Die Ergebnisse der Bohrung sind sehr verschieden. Am wertvollsten sind natürlich die Quellen, in denen das Öl unter dem Drucke des Gases an die Oberfläche gepresst wird und hier, wenigstens bei einem Teile der Quellen, mit grosser Gewalt ausgeworfen wird (Springquellen). Bis jetzt sind 23 derartige Quellen erbohrt, ungefähr 4 % sämtlicher Bohrungen. Es ist ein grosser Vorzug der unterelsässischen Quellen gegenüber anderen, z. B. den Ölheimer, dass sie das Öl mit verhältnismässig wenig Wasser vermischt fördern. Eine sehr nachhaltige Quelle lieferte das Bohrloch 146 am Roten Graben, welches im April 1882 als erste grosse Springquelle von 200 Fass täglicher Leistung erschlossen worden war und erst nach sechsjährigem, ungestörtem Ausflusse zum Erliegen kam. »Man teufte 1 *m* von dem Bohrloche entfernt ein neues Bohrloch grösserer Dimensionen (25 *cm* Anfangsdurchmesser) ab und richtete dieses zum Pumpenbetriebe ein. Das Ergebnis war höchst befriedigend. Anfänglich lieferte die Pumpe täglich 50 Fass, seit Juli 1889 aber

[1]) Zeitschrift f. prakt. Geologie 1895. p. 97 u. ff.

70—80 Fass Rohöl; in sechsmonatlichem Betriebe produzierte dieses Bohrloch bis Mai 1890 allein 1 642 000 *kg* Öl, also bei monatlich 25 Arbeitstagen = 10 000 *kg* pro Tag.« (Jasper). Wir sehen hier den Pumpenbetrieb den Bohrbetrieb mit Vorteil ergänzen. Sehr nachhaltig ist auch die Quelle 186, welche im Jahre 1884 aufgeschlossen wurde und in den ersten 8 Jahren täglich 80 *cbm* lieferte, seither aber auf 70 *cbm* heruntergegangen ist. In anderen Fällen tritt ein rascheres Versagen ein, z. B. bei der Springquelle 237, welche am 19. April 1887 erbohrt wurde und am 6. August desselben Jahres plötzlich, wahrscheinlich durch Verstopfung des Bohrlochs, versiegte. Für ausführlichere Angaben ist auf die Arbeit von Jasper zu verweisen. Mehrfach wurde nur Gas und Wasser aufgeschlossen. Eine solche im Jahre 1881 erbohrte Quelle warf das Wasser während 24 Stunden bis zu einer Höhe von 16 *m*, das Gas, Sumpfgas, dessen Ausströmung fortdauerte, wurde zu Heizungszwecken nach dem Laboratorium von Achille Le Bel geleitet. Das Bohrloch Nr. 394 gab in 24 Stunden 12 000 bis 15 000 *cbm* Gas; die Ausströmung dauerte sechs Wochen und nahm allmählich ab.

Ausser bei Pechelbronn wurde bei Sulz und Wald (4 *km* vom ersteren Orte) bereits im vorigen Jahrhunderte Erdöl gewonnen, doch ist der Bergbau seit langem zum Erliegen gekommen. Die Entdeckung des Ölsandes fällt in das Jahr 1771. Das Lager, das in einer Tiefe von 17 *m* vom Selzbach bis in die Nähe der Kirche von Sulz abgebaut wurde, ist gegen W durch eine Verwerfung abgeschnitten; gegen O nimmt der Ölgehalt ab.

Weniger alt als in Pechelbronn und Sulz ist die Gewinnung des Erdöls in Schwabweiler (6 *km* südöstlich von Pechelbronn). Die Verleihung des Bergwerks Schwabweiler erfolgte durch Louis Philippe, roi des Français, am 26. Dezember 1841. Die Versuche, Erdöl hier aufzuschliessen, reichen bis zum Jahre 1830 zurück und waren durch Bitumenspuren, welche man über Tage beobachtet hatte, veranlasst worden. Im November 1838 wurde in sandigem Mergel bei einer Tiefe von 21.76 *m* eine Quelle aufgeschlossen, welche mit dem Wasser reichlich Erdöl an die Oberfläche beförderte. Die Gewinnung beschränkte sich auf das Auspumpen dieses Bohrlochs und wurde, da der Ölzufluss stark nachgelassen hatte, im Jahre 1847 eingestellt. Der Abbau durch Schachtbetrieb, der bis zur Tiefe von 70 *m* reichte, wurde im Jahre 1883 eingestellt, »nachdem etwa 50 Bohrlöcher, welche in der Umgebung der Grubenbaue bis 80 und 90 *m* niedergestossen waren, nur mangelhafte Aufschlüsse ergeben hatten« (Jasper). Die Petrolsande bilden nicht, wie bei Pechelbronn, schmale, lange Streifen, sondern dehnen sich als zusammenhängende, bis 2 *m* mächtige Schichten über weitere Flächen aus. Das Einfallen der Schichten ist stärker als bei Pechelbronn. Kleinere Verwerfungen wurden mehrfach festgestellt.

Zur gleichen Zeit, als man in Pechelbronn den Bohrbetrieb in grösserem Umfange in Angriff nahm, wurden auch die ersten Bohrversuche ausserhalb der bis dahin als ölführend bekannten Gebiete mit Erfolg ausgeführt, und zwar zunächst im nördlichen Teile des Hagenauer Waldes, im Reviere Oberstritten. Im Jahre 1882 bewegten sich die Schürfversuche am Nordrande des Hagenauer Waldes zwischen Biblisheim und Merzweiler, und in den beiden folgenden Jahren wurde die Gegend von Ohlungen, westlich von Hagenau, teilweise durch Mutungen gedeckt. Nach 1884 trat eine längere Ruhepause ein, welcher im Jahre 1890 eine Zeit sehr regsamer Bohrthätigkeit folgte, die schon im folgenden Jahre, 1891, zu Ende ging. Durch diese Bohrversuche, welche zu 346 Verleihungen führten, wurde das Vorkommen von Erdöl im Unterelsass weit über das Gebiet von Schwabweiler und Pechelbronn hinaus nachgewiesen, und zwar nicht nur im Tertiär, sondern auch in den mesozoischen Schichten des Zaberner Bruchfeldes. Im Tertiärgebiete beschränkte man sich im Jahre 1890 auf die Gegend von Hagenau und ging gegen S wenig über die Moder hinaus; 1891 wurde nicht nur diese, sondern auch die Zorn überschritten, und die Bohrversuche

näherten sich Strassburg. Die Bohrungen im mesozoischen Gebiete fallen mit wenigen Ausnahmen in das Jahr 1891; ihren Höhepunkt erreichte die Bohrthätigkeit in den Monaten August und September. Im Jahre 1892 wurden nur noch zwei Mutungen, die eine bei Biblisheim, die andere bei Schwabweiler Mühle, beide im Tertiär nördlich des Hagenauer Forstes, eingelegt.

Im Tertiärgebiete wurden die Bohrlöcher im Durchschnitte bei 78.22 *m* fündig, die geringste Tiefe, in welcher Erdöl aufgeschlossen wurde, beträgt 13.63 *m*, die grösste 222.86 *m*. Berechnet man die Mittelzahl nicht für das gesamte Gebiet, sondern für einzelne Teile, so erhält man wesentliche Abweichungen von der oben angegebenen Zahl. Auffallend niedrig stellt sich die Mittelzahl für die Bohrungen südlich von der Zorn, nämlich nur auf 41,02 *m*, während sie sich für das Gebiet zwischen der Zorn und der Moder auf 75,80 *m*, und für das Gebiet nördlich von der Moder bis an die Grenzen des Bergwerks Pechelbronn auf 89.60 *m*, also auf mehr als das Doppelte der ersteren Zahl beläuft.

Die niedrige Mittelzahl für die Fündigkeit im Gebiete südlich von der Zorn ist um so auffallender, als gerade hier die unter-oligocänen erdölführenden Schichten in grösserer Tiefe liegen als bei Pechelbronn. Nördlich von der Moder und besonders nördlich vom Hagenauer Walde treten unter- und mitteloligocäne Schichten vielfach zu Tage. Zwischen der Zorn und der Moder (und östlich von der Tertiärverwerfung) ist das ältere Tertiär fast überall von Pliocän und Diluvium überdeckt, gehört aber da, wo es über Tage ansteht, dem Mitteloligocän an. Südlich von der Zorn hat man es dagegen an den wenigen Punkten, wo Tertiär aus dem Diluvium herausragt, mit jüngeren Abteilungen, mit Oberoligocän und Untermiocän zu thun. Dem Untermiocän gehören die Süsswasserkalke an, welche von Schumacher am Lettbuckel östlich von Waltenheim aufgefunden wurden. Oberoligocän ist von Truchtersheim und Kolbsheim bekannt und bildet wahrscheinlich östlich von Suffelweiersheim das Liegende des Diluviums. Von Donnenheim, westsüdwestlich von Brumath, liegt mir eine Bohrprobe aus 80 *m* Tiefe vor, welche kaum anders denn als oberoligocäner Sandstein gedeutet werden kann. Die Pechelbronner ölführenden Schichten sind also, wie schon gesagt, in dem Gebiete südlich von der Zorn (bis zur Breusch) erst in grösserer Tiefe zu erwarten und sind wahrscheinlich durch keines der fündig gewordenen Bohrlöcher erreicht worden. Das südlich der Zorn aufgeschlossene Öl würde demnach jüngeren Schichten angehören müssen, dem Mitteloligocän oder dem Oberoligocän. Im letzteren ist Bitumen bisher nicht mit Sicherheit bekannt geworden; ersterem gehören der Asphaltkalk von Lobsann und ein Vorkommen von bituminösem Sande im Septarienthone zwischen dem Bergwerke Lobsann und Drachenbronn an. Auch bei Schwabweiler reichen die Petrolsandflöze bis in die foraminiferenführenden Mergel des Mitteloligocäns hinein.

Die Bohrungen förderten meistens dunkelbraunes Erdöl zu Tage; hellgelbes Erdöl lieferte das Bohrloch der Mutung Surburg I, hellbräunliches Öl das von Walburg-Morsbronn I. Beim Bohrloche Isselbächel II wurde zeitweise bei der Fundabnahme Öl von dunkelgrüner Färbung wahrgenommen. In der Regel wurde bei den Schürfversuchen das Erdöl mit dem Bohrwasser in die Höhe gepumpt; weniger oft trat es frei mit aufgeschlossenen Quellen oder unter dem Drucke von Gasen aus. Bei der zur Verleihung des Bergwerks Gute Hoffnung XI führenden Bohrung wurde eine Springquelle erbohrt (die einzige unter 134 fündigen Versuchsbohrungen), welche in 24 Stunden $1^1/_2$—2 Fass Öl lieferte. Das aufgeschlossene Öl ist dünn- bis dickflüssig oder von erdpechartiger Beschaffenheit und bildet in letzterem Falle auf dem Bohrwasser keine Tropfen, sondern schaumige Flocken. Von erdpechartiger Beschaffenheit zeigte sich das Bitumen nördlich von der Zorn häufig in den Fällen, wo das Bohrloch eine geringere Tiefe als 70—80 *m* erreichte, was zum Teile wenigstens anscheinend mit einem in den oberen Teufen stattgefundenen

Verluste der leichtflüchtigen Bestandteile zusammenhängt. Südlich von der Zorn scheint Bitumen von dieser Beschaffenheit nicht angetroffen worden zu sein, obgleich die Bohrungen hier im Mittel nur bis 41.02 *m* niedergebracht wurden. Gase wurden bei den Bohrversuchen nördlich von der Zorn vielfach beobachtet, scheinen bei denen südlich von der Zorn aber nicht bemerkt worden zu sein.

Gewinnung von Erdöl findet in den seit 1880 verliehenen Bergwerken im Reviere Oberstritten, bei Biblisheim, Dürrenbach und Ohlungen statt.

In den mesozoischen Schichten des Zaberner Bruchfeldes wurden in der genannten Zeit 212 als gültig anerkannte Mutungen eingelegt. Die Erdölfunde verteilen sich auf verschiedene Schichten der Trias und des Jura, nämlich auf oberen Muschelkalk, mittleren Keuper (Salzkeuper und Steinmergelkeuper), Lias, besonders mittleren und oberen Lias, unteren Dogger und vielleicht auch die tieferen Schichten des mittleren Doggers. In der Regel wurde das Erdöl in zahlreichen grösseren und kleineren Tropfen von braunschwarzer Farbe mit dem Bohrspülwasser zu Tage gefördert. In wenigen Fällen, bei Wörth, Pfaffenhofen und Obermodern trat neben dem flüssigen Erdöle Erdpech zu Tage. Nach den Ergebnissen der Bohrungen im Tertiär, wenigstens in der Hagenau-Pechelbronner Gegend, hätte man wegen der geringen Tiefe der Bohrlöcher erwarten müssen, gerade letzteres in der Regel anzutreffen. Dasselbe unerwartete Verhalten zeigten, wie schon hervorgehoben, die Bohrungen im Tertiär südlich der Zorn. Gasaustritt wurde bei Wörth, Bossendorf und Obermodern festgestellt. Die Mittelzahl, welche sich für die Tiefe der Fündigkeit bei sämtlichen als gültig anerkannten Mutungen berechnet, ist 25.02 *m*, also nicht ganz ein Drittel der mittleren Tiefe im Tertiärgebiete.

Bei den zahlreichen bisher im Tertiär ausgeführten Bohrungen ist man nur in wenigen Fällen tiefer eingedrungen als 250 bis 300 *m*. Die grösste Tiefe erreichte das Bohrloch von Oberstritten, nämlich 620 *m*. Öl wurde nicht erschlossen, doch gab die Bohrung den ersten Nachweis einer bisher ungeahnten Mächtigkeit der unteroligocänen Mergel und interessante Beobachtungen über die Zunahme der Temperatur nach der Tiefe.

Bohrungen auf Süsswasser auf den schwedischen Schären[1]. Auf Anregung des Professors Nordenskiöld werden seit Jahresfrist (1894) an den schwedischen Küsten sogenannte Diamantbohrungen vorgenommen, um auf den Felseninseln der der Küste vorgelagerten Schären Trinkwasser zu erhalten, was besonders für die auf solchen Inseln stationierten Lotsen und Leuchtturmwächter von Bedeutung ist. Solche Bohrungen im Urgebirge sind in Schweden bereits acht vorgenommen worden. Jüngst erhielt Professor Nordenskiöld wieder die telegraphische Meldung von einer auf der Felseninsel Marstrand, einem vielbesuchten schwedischen Badeorte, glücklich ausgeführten Diamantbohrung. Die Anregung zu derartigen Bohrversuchen gab dem Prof. Nordenskiöld die Erwägung, dass die täglichen, jährlichen und säkularen (?) Temperaturschwankungen ein Abgleiten des oberen Teiles des Gesteins von den unteren Schichten, die solchen Schwankungen nicht ausgesetzt sind, herbeiführen müssen, und durch dieses Abgleiten müssen in ziemlich gleichbleibenden Tiefen wagerechte Spalten hervorgerufen werden. Ferner zeige die Beobachtung, dass das in die schwedischen Eisenbergwerke eindringende Wasser nie salzig ist, auch wenn die Bergwerke auf den kleinen Inseln der Küste liegen und bis 100

[1] Gaea 1895. p. 569.

bis 200 *m* unter die Oberfläche reichen. Gleich der erste Versuch, der im Frühjahre 1894 auf einer schwedischen Insel an der Ostsee, auf der sich eine Lotsenstation befindet, gemacht wurde, ist erfolgreich verlaufen, und jetzt ist die neunte Bohrung auf Marstrand ausgeführt. Die kleine Felseninsel Marstrand liegt nordwestlich von Gothenburg, über eine Meile von der Küste. Zwischen dieser und Marstrand liegen eine Menge Inseln und Klippen, von denen Marstrand durch einen tiefen Sund getrennt ist, während sich hinter Marstrand das offene Meer ausdehnt. Die Bohrung wurde dort in einem Fels 8 *m* über dem Meere ausgeführt, und man machte ein Bohrloch von 38 bis 39 *m* Tiefe. Nach beendeter Bohrung stand das Wasser im Bohrloche bis $3^1/_2$ *m* vom oberen Rande, und nachdem man eine Pumpe eingesetzt, gab der Brunnen 1000 *l* süsses Wasser in der Stunde. Das Ergebnis entspricht den anderen Versuchen im Urgebirge, bei denen man nach den Mitteilungen Nordenskiöld's in Tiefen von 33 bis 35 *m* stets Süsswasser gefunden hat. Das Wasser stieg 2 bis 3 *m* an die Oberfläche, manchmal auch bis an diese selbst. Da die Bohrungen mit Diamantbohrern ausgeführt werden, wendet man bereits die Bezeichnung Diamantbrunnen und Diamantwasser an. Für die Bohrung muss Gestein ausgewählt werden, das an der Oberfläche keine Sprünge zeigt, und das Bohrloch selbst ist senkrecht und cylindrisch mit einem Durchmesser von 65 *mm*. Durch die Bohrung bei Marstrand ist erwiesen, dass man mittels Diamantbohrung überall an der Westküste und den nächstgelegenen Inseln gutes Trinkwasser erhalten kann. Beim Auspumpen des Bohrmehles wurde in Marstrand Süsswasser angewandt, während bei den früheren Bohrungen Salzwasser benutzt worden ist, was die Brunnen auf längere Zeit verunreinigte. Ob auch auf den weiter im Meere hinaus belegenen Gneiss- und Granitinseln Süsswasser zu bekommen ist, kann noch nicht entschieden werden, ebenso, ob die in Schweden so erfolgreich ausgeführten Diamantbohrungen auch in anderen Ländern, wo die Temperaturschwankungen an der Erdoberfläche unbedeutend sind, ein gleich günstiges Ergebnis haben würden.

Die Höhle von Selefke, im Vilajet Adana in der asiatischen Türkei 6 *km* von der Küste des Mittelmeeres, ist neuerdings von einem Eingeborenen besucht worden[1]. Man betritt sie durch eine unscheinbare Öffnung, befindet sich aber bald in einem ungeheueren Raume. Dies ist jedoch nur ein Vorsaal, von dem aus schmale Spalten in weitere Hallen führen, von denen eine hinter der anderen liegt. Diese wunderbare Höhlenwelt ist vor kurzem zum ersten Male näher untersucht worden, und zwar durch einen Landmann, den der Kaimakam von Selefke mit Lebensmitteln und Fackeln versehen hatte. Er blieb fünf Tage auf seiner unterirdischen

[1]) Deutsche Rundschau für Geographie 1895. **17.** p. 141.

Wanderung und legte dabei einen Weg zurück, den er auf ungefähr 40 *km* schätzt. Zuletzt wurde er durch einen grossen unterirdischen Teich, in dessen Mitte sich grosse Felsstücke befinden, zur Umkehr gezwungen, ohne das Ende des ungeheueren Hallensystems erreicht zu haben. Wie man sich in Selefke erzählt, findet sich ein Ausgang nahe bei Atif am Kap Lisan-el-Kasbé. Dort ist auch eine unerforschte Grotte, die brüllende Höhle benannt. Wenn nämlich bei stürmischem Wetter die Wogen der See in diese Höhle eindringen, erzeugen sie durch den Widerhall an den Wänden ein Geräusch wie tiefes Brüllen. Gleichzeitig kann man am Eingange der Höhle von Selefke ein aus der Tiefe kommendes, dann und wann aussetzendes Rollen vernehmen. Nach Ansicht türkischer Geologen, die kürzlich die Gegend besuchten, wäre die Höhle nichts anderes, als ein altes unterirdisches Bett des Flusses Kama, der sich in der Vorzeit in den Meerbusen von Lisan ergoss.

Höhlenkunde. Einer der gründlichsten Kenner und Forscher auf dem Gebiete der Höhlenkunde hat seine eigenen und die Ergebnisse fremder Beobachtungen in einem grösseren Werke niedergelegt, welches in der betreffenden Litteratur von hervorragender Bedeutung ist[1]). Die systematische Einteilung der Höhlen bietet mannigfache Schwierigkeiten. Kraus entscheidet sich für drei Hauptabteilungen: ursprüngliche Höhlen, später gebildete natürliche Höhlen und künstliche Höhlen.

Ursprüngliche Höhlen sind alle solche, welche sich mit dem Gebirge, in dem sie vorkommen, zugleich gebildet haben. Darunter gehören: a) in den krystallinischen Gesteinen alle Blasenräume, unter denen die berühmten Krystallkeller die bekanntesten sind, ferner die meisten Lavahöhlen und alle Blasenräume in vulkanischen Gesteinen, daher in gewissem Sinne auch die nachträglich ausgefüllten kleinen Hohlräume, welche man als Mandelsteine bezeichnet; b) in den klastischen Gesteinen die horizontalen Riffhöhlen und die Klippenbrunnen, deren Entstehung von den einen dem ungleichen Wachstume der Korallen, von anderen örtlichen Zerstörungen von Korallenkolonien zugeschrieben wird. In Sedimentgesteinen dürften sich schon wegen ihrer Bildungsart kaum ursprüngliche, sondern nur später gebildete Höhlen nachweisen lassen, jedoch können gewisse Spaltenhöhlen, welche durch den Austrocknungsprozess der Sedimentgesteine entstanden und später erweitert worden sind, füglich als Übergänge von den ursprünglichen Höhlen zu den später gebildeten betrachtet werden.

Die Gruppe der später gebildeten Höhlen umfasst sowohl die grösste Anzahl, als auch die zahlreichsten Gattungen von Höhlen in bezug auf ihre Entstehungsart. In letzterer Hinsicht sind be-

---

[1]) Höhlenkunde. Wege und Zwecke der Erforschung unterirdischer Räume. Von Franz Kraus. Wien 1894.

sonders drei Ursachen bei der Höhlenbildung thätig gewesen, und zwar: a) die Spaltenbildung durch Bruch, b) die Erosion und Korosion, und c) die Überdeckung.

In die erste dieser Unterabteilungen gehören die Erdbebenklüfte, sowie etwa durch den bei der modernen Geologie so beliebten horizontalen Gebirgsschub entstandene Bruchspalten, die aber wahrscheinlich zumeist mit ersteren identisch sein dürften. Ferner gehören hierher Klüfte, welche durch Senkungen von Teilen eines Berges infolge von Unterwaschung entstanden sind, deren Zahl aber nicht sehr gross ist.

Den grössten Anteil an der Höhlenbildung hat die Erosion und Korrosion, die auf mechanischem oder chemischem Wege sich äussernde zerstörende Kraft des Wassers. Sie wirkt sowohl in senkrechter als auch in horizontaler Richtung und bildet in ersterer Hinsicht Schacht- oder Schlundhöhlen und in letzterer horizontale oder Tunnelhöhlen. Die schrägen und die Etagenhöhlen stehen zwischen beiden und können je nach ihrem mehr senkrechten oder mehr horizontalen Verlaufe bald zu der einen, bald zu der anderen Kategorie gezählt werden. Weiter ist zu beachten, dass die Erosion sowohl mechanisch (als Erosion im engeren Sinne) wie chemisch (als Korrosion) wirken kann, und dass jede dieser beiden Formen unverkennbare Spuren zurücklässt. Häufig wirken sie beide zusammen, dagegen sind reine Korrosionshöhlen selten. Das Ergebnis eines komplizierten Prozesses sind die Dolinen. Durch Einsturz wird ein auf dem Wege der Erosion und Korrosion entstandener Hohlraum seiner Decke beraubt, worauf durch Verwitterung, Frostwirkung, mechanische und chemische Erosion der Schlund seine Steilwände verliert. Das zuerst auf die Deckenbruchstücke abstürzende Material besteht noch aus gröberen Blöcken, später werden auch kleinere Stücke und Schwemmprodukte auf dem Grunde der Doline abgelagert. Am kahlen Gehänge bilden sich an dafür geeigneten Stellen Erosionsfurchen (Karren), und je mehr Material von den Rändern zur Tiefe gebracht wird, desto mehr verschwindet die Trichterform. Diese wird endlich zur seichten Schüsselform, und schliesslich kann, wenn die Lage günstig ist, auch die ganze Depression verwischt werden. Die Abbildung der Doline bei Repentabor im Küstenlande zeigt eine solche Einsturzdoline in einem späteren Stadium der Umbildung. Eine Unterscheidung zwischen Wasserschlingern (Schlauchhöhlen, Flussschwinden, Ponoren, Katabothren) und Wasserspeiern (Riesenquellen, Kephalarien, Speihöhlen) wurde wiederholt gemacht, es werden jedoch mit diesen Ausdrücken keine besonderen Höhlenarten, sondern nur der Anfang oder das Ende einer Wasserhöhle bezeichnet. Unter letzteren versteht man überhaupt Höhlen mit fliessendem Wasser; durch jede Ritze in der Decke, welche mit der Oberwelt kommuniziert, durch weite Schlote oder durch Seitenhöhlen gelangen grössere Mengen Wassers in das Hauptgerinne, so dass das aus

einer Durchflusshöhle ausfliessende Quantum stets grösser ist als jenes, welches man an der Eintrittsstelle einfliessen sah. Ausser den bereits erwähnten Höhlenarten dürften ferner auch fast alle Halbhöhlen oder Nischenhöhlen zu den Erosionshöhlen zu zählen sein. Hierzu kann man auch jene Halbhöhlen rechnen, die durch wirbelndes Wasser oder durch Wirbelwinde erodiert wurden. Wir gelangen zu der dritten Unterart der später gebildeten Höhlen. Höhlenräume können nämlich auch durch Überdeckung von bestehenden Spalten, Klüften, Klammen u. s. w. erzeugt werden, indem abstürzende Felsblöcke über denselben liegen bleiben, oder aber durch das ungemein rasche Wachstum von Quellentuffbildungen. Auch durch vulkanische Eruptionen können Überdeckungshöhlen in einzelnen seltenen Fällen erzeugt werden; dann greifen sie aber in die Klasse der ursprünglichen Höhlen über. In die Kategorie der Überdeckungshöhlen gehören auch diejenigen zumeist kleinen Höhlen, welche sich zwischen den Felsblöcken der Bergstürze befinden, und die häufig abnorme Temperatur besitzen. Mit ihnen verwandt, aber eigentlich zumeist nicht mehr zu den Höhlen zu zählen, sind Windlöcher, Windröhren und Eisansammlungen in lockerem Schutte.

Die dritte Hauptart der Höhlen bilden die künstlichen Höhlen, welche nicht minder mannigfaltig sind als die natürlichen. Zu ihnen gehören alle sogenannten Erdställe, die fast ausschliesslich im Lösse und Lehme gegraben sind, deren Anzahl weit beträchtlicher sein dürfte, als man glaubt. Die meisten davon sind in Niederösterreich und in Bayern entdeckt worden. Die Decken der niederösterreichischen Erdställe bilden vielfach Tonnengewölbe, bei den bayerischen herrscht zumeist die Spitzbogenform vor, ebenso bei den Erdställen in Mähren. In besonders grosser Anzahl finden sich künstliche Wohnungen im Lösse in China. Auch die künstlich erweiterten Höhlen können in diese Klasse einbezogen werden, ebenso alle Bergwerke, alle bergmännisch abgebauten Steinbrüche und alle für Kultus-, Begräbnis- oder Verteidigungszwecke eingerichteten künstlichen oder umgestalteten natürlichen Höhlen.

Die Höhlen, unterirdischen Wasser und Quellen hat E. A. Martel in einem neuen grossen Werke auf Grund seiner eigenen Forschungen während der Jahre 1888 bis 1893 in Frankreich, Belgien, Österreich und Griechenland dargestellt[1]). Er stellt in demselben zunächst die Aufgabe der wissenschaftlichen Höhlenforschung dar und beschreibt dann eine Anzahl interessanter, grösstenteils von ihm selbst durchforschter Lokalitäten. Zunächst die Vaucluse (vallis clausa, valclos), eine im Oberlaufe kesselförmig abgeschlossene Gebirgsschlucht im französischen Departement

[1]) Les Abîmes, les eaux souterraines, les cavernes, les sources etc. par E. A. Martel, Paris 1895. Ausführliche Besprechung in Mitteilungen der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien 1895. p. 481, woraus oben der Text.

gleichen Namens, unweit dem Zusammenlaufe der Durance mit der Rhône. Eine mächtige Höhlenquelle entspringt dort am Fusse der 200 *m* hohen Kesselwand aus unzugänglichen Tiefen, ohne dass es früher gelungen wäre, dieses Problem entscheidend zu lösen. Martel widmete diesem seltsamen Objekte und seiner nahen und weiten Umgebung sehr grosse Aufmerksamkeit. Zufolge mehrfacher Einfahrten in die Naturschächte und Abgründe des dortigen Gebirgsplateaus gewann Martel die Überzeugung von der auf dem Karste vielortig konstatierten Thatsache, dass nicht alle solchen Abgründe, wie theoretisch hin und wieder angenommen wurde, eine direkte freie Verbindung mit unterirdischen Wasserläufen vorstellen; dass selbst die tiefsten dieser Erosionsschlote und vertikalen, durch Erosion successive zu Naturschächten erweiterten Gebirgsklüfte nicht selten am Boden mit einigen Seitenklüften und engen Spalten in einem gänzlich ungestörten, gleichartigen Gebirge weiterführen, ohne dass die weitere Kommunikation nach der Tiefe durch einen lokalen Einsturz abgeschlossen würde. Andere Naturschächte sind wohl im Laufe der Jahrhunderte durch verschieden mächtige Lagen von Gesteinstrümmern nach der Tiefe hin verschüttet, ohne dass man die Mächtigkeit des Trümmergesteins irgendwie beurteilen könnte. An keiner Stelle ist es Martel möglich gewesen, eine freie Verbindung mit den unterirdischen Wasserhöhlen der grossen Quelle von Vaucluse ausfindig zu machen. Wie diese Höhlengänge beschaffen sein dürften, ist die Aufgabe der weiteren Forschungen.

Speziell wird ferner Bramabiau mit seinem unterirdischen Flusslaufe und Labyrinthe von Höhlengängen besprochen. Man wusste schon seit älteren Forschungen, dass der Fluss »Le Bonheur« den Oberlauf des Höhlenflusses »Bramabiau« bildet. Auch waren Teilstrecken dieses unterirdischen Wasserlaufes bekannt. Doch es fehlte die planmässige Darstellung dieser seltsamen Kommunikation. Obwohl die Verbindungsstrecke nur ca. 800 *m* entlang des mittleren Höhlenganges beträgt, und das Gefälle dieser Strecke ca. 90 *m* ausmacht, repräsentiert dessenungeachtet die von Martel und seinen Begleitern am 28. Juni 1888 bewältigte, erste Durchfahrt eine technisch-wissenschaftliche Errungenschaft. Diese unterirdische Durchfahrt aus einem Kesselthale in ein benachbartes ist die erste, von welcher die einschlägigen Forschungsergebnisse bisher berichtet haben. Natürlicherweise kommt hier die geringere Länge und das grosse relative Gefälle des unterirdischen Wasserlaufes dem Werke sehr zu statten, nachdem anderweitige Höhlenbäche und -flüsse bereits auf 3 und 4 *km* Längen befahren und kartographisch aufgenommen wurden, ohne die Durchfahrt erreicht zu haben.

Das wahrhaftige Höhlenlabyrinth von Bramabiau, mit seinen meandrisch entwickelten Seitengängen und Abzweigungen hat nach den vom Jahre 1888 bis 1892 gepflogenen Aufnahmen und Messungen Martel's eine Gesamtlänge von 6350 *m* und ist daher

die grösste der bisher bekannten Höhlen Frankreichs. Unter den europäischen Höhlenrevieren findet Bramabiau nach Adelsberg in Krain (10 *km*), Agtelek in Ungarn (8.7 *km*), Kleinhäusel-Planina in Krain (7 *km*) den vierten Platz und übertrifft an Länge die Höhlungen von Han sur Lesse in Belgien (5 *km*).

Von den Abgründen der Gegenden Le Causse Noir, la Dourbie et la Jonte sagt Martel, dass dieselben entweder abgeschlossen sind oder durch unpassierbare Spalten nach der Tiefe führen. Zum Schlusse dieses Kapitels giebt Martel seiner Überzeugung Ausdruck, dass die Wiederbewaldung, bezw. die Aufforstung dieser Gegenden das einzige Mittel sei, die Unwirtlichkeit und Ertragslosigkeit des sozusagen verkarsteten Gebietes schon mit Rücksicht auf das Regime der Gewässer zu beheben.

Mit anologen Erscheinungen wie »Le Causse Noir« betont Martel die noch zu bewältigenden Arbeiten, behufs Durchforschung von Abgründen und die Lösung des Problems der rechtsufrigen Quellen des Tarnflusses.

Der Abgrund und der unterirdische Fluss von Tindoul bilden ein noch ungelöstes Problem, welches grössere Schwierigkeiten bieten dürfte. Als eine besondere Naturseltenheit wird ferner das unterirdische Delta der Quellen von Salles la Source bezeichnet. Martel bespricht hier ferner die Gefahren ähnlicher Forschungen und bezeichnet die Höhlungen als eine grossartige Drainage des Plateaus.

Der unterirdische Wasserlauf, welchen Martel in der Tiefe des Abgrundes von Padirac im Jahre 1889 entdeckt und darauffolgend im Jahre 1890 sehr genauen Durchforschungen unterzogen hat, liegt ca. 100 bis 120 *m* unter dem Gebirgsplateau und zeigt eine Länge von ungefähr 3 *km* bei dem geringem Gefälle von ca. 30 *m*. Schon aus der Darstellung der lokalen Verhältnisse, sowohl derjenigen des kolossalen Abgrundes, welcher die einzige Kommunikation nach der Tiefe bildet, als auch insbesondere der jede Phantasie übertreffenden Szenerien des unterirdischen Wasserlaufes gewinnt man die Überzeugung, dass Padirac eines der grossartigsten Studienobjekte Martel's gewesen ist. Derselbe wählt deshalb auch Padirac mit grosser Vorliebe als Objekt für seine vergleichenden Studien am österreichischen Karste und lässt dadurch wohl die Grossartigkeit der Karsthöhlen im besten Lichte erscheinen. Aus seinen detaillierten Beschreibungen des unterirdischen Wasserlaufes von Padirac gewinnt man aber auch ferner die Überzeugung, dass daselbst im Vergleiche zu den seltsam unterbrochenen Karsthöhlenflüssen nur die lokalen Sickerwässer des Gebirgsplateaus eine mit der Jahreszeit wechselnde Ansammlung finden, dass ferner in den imposanten Gallerien der Höhle von Padirac Demonstrationsobjekte für das hydrologische Studium über die unterirdisch zirkulierenden Quellwässer gelegen sind, doch befindet sich hier keineswegs ein analoger Höhlenfluss wie die Reka (Recca) von St. Canzian oder die Poik von Adelsberg oder dergl. m.

Auch in geologischer Beziehung verdient Padirac eine nähere Betrachtung, und sind hier speziell neben dem Schichtenprofile und dem Höhlenverlaufe auch die von Martel mit »Gours« bezeichneten Sinterbildungen, die quer über den unterirdischen Wasserlauf, analog den Tropfbrunnen und Sinterbecken der Karsthöhlen, von einer Höhlenwand zur anderen ihre vollkommen horizontale Entstehung (Horizontalbildungen) zeigen. Auch diese »Gours«, resp. horizontale Sinterbildungen sind ein wichtiges Kriterium dafür, dass der bezügliche Höhlengang nur äusserst selten von höheren Wasserständen heimgesucht, wird und dass vorwiegend die längste Zeit des Jahres sehr langsames Überrieseln dieser Sinterbildungen mit spezifisch kalkhaltigeren Tropfwässern stattfinden muss, nachdem die Entstehung solcher Sinterungen nur auf diese Weise ermöglicht ist.

Ein besonderes Kapitel handelt von den Abgründen und Naturschächten im Gebiete von »le Causse de Gramat«, welche hier mit dem Provinzialismus »les Igues« bezeichnet werden. Demnach sind die Bezeichnungen les Gouffres, les Abîmes, les Avens und les Igues die gleichbedeutenden Ausdrücke für die Naturschächte und Abgründe des Karstes. Von den zahlreichen Abgründen, die der Verf. näher untersuchte, waren mit Ausnahme desjenigen von Combettes alle übrigen ohne direkten Zusammenhang mit unterirdischen Wasserläufen, wenn auch einzelne derselben bei grösserer Tiefe von Sickerwässern und kleinen Höhlenquellen durchzogen werden. Verf. giebt neben der Beschreibung einiger Grotten des Gebietes von Gramat auch die Aufzählung von mehreren grossen Quellen. Unter diesen ist besonders bemerkenswert die wasserreiche Quelle von Meyraguet, die als wie ein kleiner Fluss am linken Ufer der Dordogne bei Souillac unmittelbar im Niveau einmündet.

Den Grotten Belgiens widmet Martel ein besonderes Kapitel. Sie haben seit längerer Zeit die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gelenkt. Insbesondere sind die Höhlen von Rochefort, Han sur Lesse und Remonchamps den eingehendsten Studien unterzogen worden. Auch in diesen Höhlungen und unterirdischen Wasserläufen wurde die am Karste in Krain zuerst gemachte Wahrnehmung bestätigt, dass die Gebirgsscheidungen und Schichtenspalten den generellen Verlauf des Höhlengewässers in sich schliessen, und dass die unterirdischen Wasserläufe im Laufe der Jahrtausende aus den ursprünglichen Gebirgsklüften durch die verborgene Erosion und Korrosion die gegenwärtigen Grotten und Höhlen successive erweitert und vertieft haben.

Über die vergleichenden Studien in den Karsthöhlen schreibt Martel in äusserst fesselnder Weise, indem er bemerkt, nur die sehenswürdigsten Objekte des Karstes in aphoristischer Form in Betracht zu ziehen. Als Einleitung findet man die berechtigte Verallgemeinerung des sogenannten Karstphänomens als des Phänomens der Kalkformation, weil die Kalksteine der verschiedensten geolo-

gischen Altersstufen im allgemeinen dieselben Erscheinungen an sich tragen.

Eingehend befasst sich Martel mit den Höhlen und den unterirdischen Flussläufen von Adelsberg, Planina, Zirknitz und St. Canzian bei Divača. Er sagt: »Diese beiden Höhlenflüsse, die Laibach im Norden, die Reka im Süden, repräsentieren die grossartigsten Naturerscheinungen des Karstes.« Martel gebührt ferner das grosse Verdienst, durch eine dreitägige und dabei höchst gefährliche Expedition die Durchfahrt von der Adelsberger Grotte entlang des unterirdischen Poiklaufes zur Ottokergrotte und von hier weiter zum Magdalenanaturschachte im September (1894) bewerkstelligt zu haben. Einzelne Teilstrecken dieses unterirdischen Wasserlaufes sind zwar schon bekannt gewesen, doch fehlte bisher eine zusammenhängende Planskizze darüber, wie und wo die benachbarten Höhlengänge gelegen sind, nachdem die neueren Aufnahmen bisher nur teilweise veröffentlicht worden sind. Er bemerkt noch hierzu, dass für die lokalen Forschungen ein grosses Feld der Thätigkeit eröffnet wurde. Seine Aphorismen berühren nur die sehenswürdigsten Objekte des Karstes. Von den Höhleneinstürzen und partiellen Deckenbrüchen an den Höhlungen des Rackbaches in den Fürst Windischgrätzhöhlen bei Rakek-Maunitz, das ist bei St. Canzian in den Haasberger Forsten, schreibt Martel: »Ich kenne nichts Grossartigeres, als diese Gegend darbietet.« Anderseits apostrophiert Martel die Rekahöhlen von St. Canzian am Karste, »als die riesigsten Höhlungen« die überhaupt existieren, von deren gigantischen, fast unglaublichen Dimensionen selbst die naturgetreuesten Bilder nur eine schwache Vorstellung hervorbringen können.

Gegenwärtig ist der unterirdische Rekafluss erst auf eine Länge von 2100 *m* durchforscht. Das untere Ende dieses Höhlenflusses wird von einem Syphon gebildet, dessen Bewältigung oder Umgehung auf das nächste Arbeitsprogramm gesetzt werden muss, um jenseits desselben die Höhlenfahrten wieder aufnehmen zu können. Bis zum Timavo, der nach allem Anscheine die Rekamündung vorstellen dürfte, beträgt der Weg in gerader Linie ca. 36 *km*. Wohin der weitere Höhlenlauf der Reka im Hintergrunde jenes Syphons sich entwickelt, ist heute noch ein sehr schwieriges Problem geblieben, obwohl bereits seit längerer Zeit eine systematische Forschung nach diesem unterirdischen Wasserlaufe durchgeführt wurde, deren zumeist negativen Resultate immerhin nicht zu verkennen sind.

Die Wasserschlünde von Griechenland führen den Namen »katavothra« zum Unterschiede von »kêphalaria«, den Höhlenquellen. Martel bemerkt, dass die Reinhaltung der Wasserschlünde schon im klassischen Altertume mit grösster Sorgfalt vorgenommen wurde. Die Vernachlässigung derselben hat in vielen Gegenden Griechenlands die einstigen Sümpfe wieder hervorgebracht. Seit dem Jahre 1892 werden daselbst nähere Durchforschungen der unter-

irdischen Räume vorgenommen. Infolge der kurzen Zeit konnten naturgemäss keine besonderen Leistungen auf diesem Gebiete erzielt werden, obwohl die bewältigten Arbeiten immerhin einen sehr günstigen Anfang bilden, da gerade am Peloponnes diese hydrologischen Studien eine grosse Tragweite für die landwirtschaftlichen Ameliorationen mit sich bringen dürften.

Über die Entstehung der Abgründe bemerkt Martel unter Hinweis auf die verschiedenen Formen und Gestalten derselben, dass es nicht zulässig ist, die Ursachen zu verkennen, und irgend eine der bestehenden Theorien als allgemein giltig zu bezeichnen. Dieser Anschauung dürfte ohne Zweifel jedermann beipflichten, da die Theorien über einzelne konkrete Fälle nicht überall eine ausschliessliche Bestätigung finden können.

Auf Grund der neuesten Durchforschungen der Abgründe und Höhlen gelangt Martel zu dem Schlusse, dass die gesamten unterirdischen Wässer nur von der Erdoberfläche herrühren, und auf ihren mannigfaltigen Bahnen dem allgemeinen Gravitationsgesetze folgen. Wie seltsam ist die Erscheinung der Meermühlen von Argostoli, als Abfluss aus dem Meere unter die Insel Kaphallenia, und dennoch folgen auch hier die Wässer nur dem Gesetze der Schwerkraft nach unterirdischen Räumen und Erdbebenspalten. Ausserordentlich lehrreich ist ferner die Betrachtung über die Beschaffenheit des Untergrundes mit Rücksicht auf die quantitativen und qualitativen Verhältnisse der unterirdischen Wässer.

Durch die vielseitigen Höhlenforschungen findet man deutliche Beweise dafür, dass die Entstehung der Höhlen in ähnlicher Weise wie die der Abgründe auf ursprüngliche Spalten und Gebirgsklüfte zurückzuführen ist. Die unterirdischen Wässer vermögen mit ihren chemischen und mechanischen Wirkungen im Laufe der Jahrtausende wohl nur früher vorhandene Bahnen zu erweitern. Die Entstehungsursachen der ursprünglichen Gebirgsspalten und Klüfte, sowie grösserer unterirdischer Räume können sehr verschiedener Natur sein. Thatsächlich konnte das Gewässer nur den vorgezeichneten Bahnen folgen.

Martel bezeichnet die Quellen als die Tagmündungen der unterirdischen Gewässer und teilt dieselben nach der Beschaffenheit, sowie nach der Art und Weise ihrer Mündung von verschiedenen Gesichtspunkten ein. Durch die richtige Erkenntnis der Wechselbeziehung zwischen der Oberfläche und dem Untergrunde vermag man erst zu ermessen, welche Bedeutung die Waldvegetation auf den Niederschlagsgebieten von Trinkwasserquellen mit sich trägt.

Nach der gedrängten Darstellung der älteren und neueren Theorien über den grossartigen Ursprung des wahrhaftigen Quellflusses von Vaucluse begründet Martel die Richtigkeit der Schlussfolgerungen aus den meteorologischen Beobachtungen, welche zur Erklärung der Wasserstandsverhältnisse dieser Quelle von 1874 bis 1892 gesammelt wurden, auf die Weise, dass der unterirdische

Wasserlauf, der an dieser Quelle ausmündet, von höchst ansehnlichen Dimensionen sein müsse, und den anderweitig bekannten Höhlenflüssen sehr ähnlich gestaltet sein dürfte, so dass die lokalen Erscheinungen eine ziemlich einfache Erklärung durch die analogen Verhältnisse solcher Wasserhöhlen finden würden.

10. Flüsse.

Untersuchungen über die tägliche Periode der Wasserführung und die Bewegung von Hochfluten in der oberen Rhone auf Grund der Beobachtungen des Eidgenössischen Hydrometrischen Bureaus hat Prof. E. Brückner angestellt[1]. Bekannt ist die tägliche Periode der Wasserführung an Gletscherbächen schon lange; Messungen liegen aber noch wenig vor. Horace Benedict de Saussure war der erste, der exakte Beobachtungen anstellte. Auf seinem Landgute in Conches bei Genf konstatierte er vor 100 Jahren, dass die Arve im Sommer morgens 13.5—16.2 *cm* höher steht als am Abende, und erklärte das so späte Eintreffen des Maximums durch den langen Weg, den die Schmelzwasser von den Gletschern bis Genf zurückzulegen haben. Seine Arbeit geriet leider vollkommen in Vergessenheit. 50 Jahre später, 1845 und 1846, mass Dollfus die Erscheinung in der Aare bei ihrem Austritte aus dem Unteraargletscher und am Bache des Triftgletschers. An der Aare war die Wasserführung um 10^h a. m. am kleinsten, in den Abendstunden am grössten; am Bache des Triftgletschers fiel dagegen das Maximum schon auf 3^h p. m.

Gelegentliche Beobachtungen stellte Fritsch an der Salzach bei Salzburg an; er fand den Hochstand am Morgen. Ja, er erkannte an der Wien, dass auch Bäche des Mittelgebirges zur Zeit der Schneeschmelze eine tägliche Schwankung aufweisen können. »Die tägliche Periode des Wasserstandes der Flüsse, wenigstens im Oberlaufe derselben, und solange ihr Quellengebiet noch mit Schnee bedeckt ist, welcher einer hinreichend raschen Auflösung infolge von Insolationswärme ausgesetzt ist, unterliegt gar keinem Zweifel.« Auch Prettner beobachtete die tägliche Periode an der Drau.

Alle diese Beobachtungen erstrecken sich jedoch nur auf wenige Tage. Einen längeren Zeitraum umfassen die Pegelbeobachtungen des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines an der Venter Ache im Ötzthale, über die S. Finsterwalder berichtet. Die Messungen werden um 7^h a. m. und 5^h p. m., d. i. ungefähr zur Zeit des tiefsten, bezw. höchsten Wasserstandes, gemacht. Die Tagesamplitude in der Wasserführung zwischen Morgen und Abend beträgt im Sommer 17 % und ist auch im Winter angedeutet.

Von Wichtigkeit ist daher die vom Eidgen. Hydrom. Bureau eingerichtete Pegelstation zu Gletsch, unmittelbar am Austritte der

[1] Petermann's Mitteilungen 1895. p. 129 u. ff.

Rhone aus dem Rhonegletscher (1758 *m* Seehöhe), von der tägliche Beobachtungen, die Zeit vom Mai 1893 bis Juni 1894 umfassend, dem Verf. vorlagen. »Es ergab sich zunächst, dass nicht nur im Sommer, sondern in allen Monaten eine tägliche Periode vorhanden ist. In den Sommermonaten ist die Schwankung sehr scharf ausgesprochen; den tiefsten Stand unter den drei Terminen ergiebt die Beobachtung um 8^h a. m., den höchsten die um 5^h p. m. Ob im Sommer wirklich das Maximum des Tages auf 5^h p. m. fällt und nicht vielleicht etwas später, ist freilich nicht zu erkennen; dass es sich jedoch in der Mehrzahl der Monate nicht weit von dieser Stunde entfernt, darauf weisen vereinzelte Beobachtungen, die um 11 Uhr abends gemacht worden sind.

Danach fällt das Maximum nur im Juni, dem Monate mit den längsten Tagen, erheblich später, im August und September dagegen nur wenig später als 5^h p. m. Für den Juni dürfen wir daher die späten Abendstunden als Zeit des Maximums ansetzen, für August und September aber etwa 6^h p. m.

Die Amplitude, d. h. die Differenz zwischen 8^h a. m. und 5^h p. m., bezw. 1^h p. m., beträgt im Durchschnitte der Monate Juni, Juli und August fast 8 *cm* und ist im August (12 *cm*) am grössten; sie vermindert sich dann plötzlich im September (2.5 *cm*) und ist in allen anderen Monaten kleiner als 2 *cm*, ja vom Oktober bis zum Februar noch nicht 1 *cm*, verschwindet aber auch dann nicht ganz. Wohl aber zeigt sich eine Änderung in der Lage des Maximums: es fällt nicht mehr auf die späten Nachmittagsstunden, sondern bald nach Mittag.

Die Ursache der täglichen Periode in den Monaten, wo ein Schmelzen der Gletscher stattfindet, liegt auf der Hand. Die Lage des Maximums entspricht hier durchaus dem, was man erwartet. Etwas unerwartet ist dagegen die deutliche tägliche Periode des Wasserstandes in den Wintermonaten, die jedoch ähnlich auch schon von Finsterwalder an der Venter Ache gefunden worden ist. Dass auch sie nur eine Folge der täglichen Periode der Ablation sein kann, leuchtet von vornherein ein. Es findet also in 1800 *m* Höhe auch im Winter um die Mittagszeit ein Schmelzen statt. Die grosse Zahl klarer Wintertage, die im Gebirge beobachtet werden, spielt hier ohne Frage eine Rolle. Da jedoch keine nennenswerte Verspätung des Maximums der Wasserführung hinter dem der vom Sonnenstande abhängigen Ablation zu spüren ist, so kann das Schmelzwasser unmöglich weit herkommen. Es muss von den untersten, dem Gletscherbache unmittelbar benachbarten und zum Teile wohl gar nicht auf dem Gletscher, sondern auf dem alten Gletscherboden liegenden jungen Schneeflächen stammen. Das soll nicht heissen, dass die Schmelzung überhaupt nur auf diese Flächen beschränkt sei; sie findet vielmehr überall an der Schneeoberfläche statt. Allein das Wasser versickert im Schnee, fliesst hier zwischen den einzelnen Schnee- oder Firnkörnern nur langsam,

da es überall nur spärlich vorhanden ist, und dürfte bereits in nicht zu grosser Entfernung vom Orte der Schmelzung in der Nacht wieder gefrieren, ehe es den Bach erreicht hat.«

»Am Bache des Rhonegletschers ist die tägliche Periode des Wasserstandes als Folge der Schmelzung auf das schärfste ausgesprochen; nicht anders dürfte es bei allen Gletscherbächen im Einzugsgebiete der Rhone sein. Es entsteht nun die Frage: Wie weit macht sich diese tägliche Periode der zufliessenden Gletscherbäche im Hauptstrome selbst thalabwärts geltend? Findet bald eine Ausgleichung statt oder nicht? An der benachbarten Arve fehlt, nach den Beobachtungen von Saussure, ein solcher Ausgleich. Allein da die Gletscher hier alle einander dicht benachbart und auf das Gebiet des Montblanc beschränkt sind, so kann man daraus nicht direkt auf die Verhältnisse an der Rhone schliessen. Zwar haben im Rhonegebiete alle Gletscherbäche dort, wo sie aus den Gletschern austreten, ungefähr gleichzeitig ihr Hochwasser, aber da die Länge des Weges, den sie bis zu ihrer Einmündung in den Hauptfluss zurückzulegen haben, sehr verschieden ist, so sollten die Hochwasser der verschiedenen Gletscherbäche zu ganz verschiedenen Zeiten durch dasselbe Querprofil des Hauptflusses gehen und daher einander gegenseitig zum Teile aufheben. Statt dessen sehen wir das gerade Gegenteil eintreten: auch der Hauptfluss hat auf seiner ganzen Erstreckung bis zu seinem Eintritte in den Genfersee eine deutliche tägliche Periode des Wasserstandes. Ingenieur J. Epper hat die Existenz dieser Periode bei seinen hydrometrischen Arbeiten erkannt und zum Studium der täglichen Periode die amtlichen Pegelstationen zu Sitten und zu Porte du Scex mit Limnigraphen ausgerüstet.«

Das so erhaltene wertvolle Material zur Untersuchung des Wasserstandes der Rhone hat Prof. Brückner ebenfalls bearbeitet. Die Beobachtungen, welche er benutzte, umfassen die Zeit von 1891 bis Mitte 1894. Es wurden zur Ableitung der täglichen Periode nur solche Beobachtungstage benutzt, an denen eine tägliche Periode überhaupt erkennbar war, was für Sitten ausserordentlich häufig eintrat, weniger für das flussabwärts gelegene Porte de Scex. »Sehr deutlich ist der Einfluss des Wetters auf die tägliche Periode, sowohl auf ihre Existenz wie auch besonders auf ihre Amplitude, zu spüren. Ist das Wetter heiter und warm, so ist die Schwankung gross, dabei steigt der Wasserstand. Tritt Trübung ein, so bleibt die Schwankung noch bestehen, wenn auch geschwächt, der Wasserstand sinkt; das ist auch noch bei beginnendem Regen der Fall; erst wenn das Regenwetter eine Zeitlang gedauert hat, verschwindet die Periode, und erfolgt ein starkes Ansteigen. Nur bei heftigen Regen, z. B. bei ausgedehnten Gewitterregen, tritt das Steigen fast ohne Verzug ein.

Von besonderem Interesse ist die zeitliche Lage der Extreme. Der höchste Wasserstand fällt in Sitten auf die Stunden um Mitter-

nacht, in Porte du Scex auf die Morgenstunden, der tiefste in Sitten auf die Nachmittagsstunden, in Porte du Scex auf die Abendstunden. Charakteristisch ist, dass die Zeiten beider Extreme sich deutlich von einem Monate zum anderen verschieben. Sie verfrühen sich vom Mai, bezw. April immer mehr und fallen am frühesten im August — das Maximum in Sitten zwei Stunden vor Mitternacht, in Porte du Scex $4^1/_4$ Stunden nach Mitternacht, das Minimum $^1/_2$ Stunde nach Mittag, bezw. 5 Stunden nach Mittag; im September und noch mehr im Oktober ist ein deutliches Verspäten zu spüren. Nur der März und die erste Hälfte des April bilden eine Ausnahme: in diesen Monaten ereignen sich in Porte du Scex die Extreme früher als in allen anderen, nämlich das Maximum um 2^h morgens und das Minimum um $3^1/_2{}^h$ nachmittags.

Bemerkenswert ist, dass das Wasser zum Fallen längere Zeit braucht als zum Steigen. Die Kurve des Wasserstandes liegt nicht symmetrisch zum höchsten Stande, der aufsteigende Ast ist steiler als der absteigende. Besonders in Sitten ist das sehr scharf ausgesprochen, und hier wieder besonders in den Monaten August und September. Im Durchschnitte dauert in Sitten das Steigen zehn Stunden, das Fallen 14 Stunden, in Porte du Scex aber $11^1/_2$ und $12^1/_2$ Stunden. Im August sind die Zahlen für Sitten $9^1/_2$ und $14^1/_2$, für Porte du Scex 11 und 13 Stunden. In Porte du Scex hat sich also der Gegensatz erheblich abgeschwächt. Die ganze Erscheinung erinnert unwillkürlich an die Fortpflanzung von Hochfluten in Gerinnen, wie sie z. B. Honsell studiert hat. Auch hier ist die Vorderseite der Hochflut steil, die Rückseite relativ flach, und auch hier verliert sich der Gegensatz im Verlaufe der Flutwelle abwärts immer mehr.«

Die Ursache der täglichen Schwankung des Wasserstandes ist in der täglichen Periode des Schmelzens der Gletscher und in den Frühlings- und Herbstmonaten auch der Schneemassen ausserhalb der Gletscherregion zu suchen.

»Die tägliche Periode der Wasserführung ist eine Erscheinung, die keineswegs nur den Gletscherbächen zukommt; sie findet sich vielmehr, wie schon Fritsch vermutete, bei allen Alpenflüssen, so lange sie Schmelzwasser erhalten. Sie erreicht ihre grösste Stärke jeweilen dann, wenn die tägliche Periode der Abschmelzung in dem betreffenden Gebiete am grössten ist, daher in Flüssen, deren Einzugsgebiet tief gelegen ist, in den Wintermonaten, in solchen, deren Einzugsgebiet höher emporreicht, im Frühlinge und Frühsommer, endlich in Gletscherbächen im Hochsommer. Selbst in den grossen Flüssen der Alpen verschwindet sie nicht. Die Arve bei Genf, die Rhone bis zu ihrer Mündung in den Genfersee, die Aare bis zum Brienzersee, die Reuss bis zum Vierwaldstättersee, der Rhein bei der Tardisbrücke, die Salzach bei Salzburg, endlich die Drau bei der Gurkmündung zeigen sie deutlich, besonders im Hochsommer. Ihre Existenz in diesen grossen Strömen legt ein beredtes Zeugnis

von der riesenhaften Geschwindigkeit ab, mit der die Entwässerung der Alpen durch die Flüsse sich vollzieht. Weit über 100 Jahre braucht ein Eisteilchen, um von der Spitze der Jungfrau bis zum Ende des Aletschgletschers, nur 29 *km*, herab zu gelangen. In noch nicht zwölf Stunden legt es geschmolzen den 130 *km* langen Weg vom Ende des Gletschers bis zum Genfersee zurück, um dann volle 11 Jahre in diesem zu verweilen, ehe es seine Reise weiter zum Mittelmeere antritt. Der Gegensatz zwischen den Gletschern und Seen der Alpen, diesen riesigen Wasserreservoiren, und den Flüssen, diesen mächtigen Abzugskanälen, kann nicht drastischer vor Augen geführt werden als durch diese Zahlen.«

Die Quelle der Wolga. E. P. Wischnjakow hat das Quellgebiet der Wolga bereist und den wahren Ursprung dieses grossen Stromes festgestellt. Über seine (in russischer Sprache erschienene) Arbeit liegt folgendes Referat vor[1]. »Wischnjakow kommt zu dem Schlusse, dass der eigentliche Ursprung des grossen Stromes in einer unscheinbaren Quelle am Rande einer morastigen Wiese in einer zwischen niedrigen Hügeln eingebetteten Sumpflandschaft dicht beim Dörfchen Wolgawerchówje unzweifelhaft anzunehmen sei. Die bekannte Spezialkarte im Atlasse von Ragosin nennt zwei Quellflüsse: 1. den von Wischnjakow als wirklicher oberster Lauf der Wolga angenommenen Wasserlauf; 2. den Fluss Runa, der auf genannter Karte ebenfalls den Namen Wolga trägt. Abwärts des Ortes Wolgawerchówje zieht sich der Wolgabach, zwischen der hohen Sumpfvegetation kaum erkennbar, als schmale Wasserrinne durch eine Kette von kleinen Sumpfseen und morastigen Niederungen bis zum nördlichen Ende des Sees Stersch. Wie die umwohnenden Fischer berichten, vermischt sich das dunklere Wolgawasser nicht mit dem helleren des Sees, sondern fliesst als schmaler Streifen mitten durch letzteren hindurch. Der See, zehn Werst lang und $1^1/_2$ Werst breit, ist ringsum schön bewaldet; in den zahlreichen Ortschaften längs seiner Ufer wohnen vorwiegend Waldarbeiter und Flösser. Dicht unterhalb des Austrittes der Wolga aus dem See nimmt sie von Westen ihren ersten grösseren Zufluss, die Runa, auf, welche die Wolga an Lauflänge und Wassermenge erheblich übertrifft und deshalb, wie erwähnt, vielfach für den eigentlichen Quellfluss angesehen wird. Bereits zwei Werst südöstlich des Zusammenflusses von Runa und Wolga tritt letztere in die fast 20 *km* lange Kette der Seen Owseluk und Pjono ein. Die nur dünn bewohnten Ufer dieser Seen sind von mächtigen Nadelwaldungen umrahmt; inmitten des Sees Owseluk liegt auf einer kleinen Insel das Kloster Nowosolowjesk in weltabgeschiedener Einsamkeit. Kurz nach dem Austritte der Wolga aus dem See Pjono wendet sie sich in scharfer Krümmung ostwärts und wird nach Vereinigung mit der wasser-

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. Heft 6. Litteraturbericht Nr. 442.

reichen Schukopa, die ihr von Süden her zuströmt, auch für starke Flösse schiffbar. Als ansehnlicher Fluss durchfliesst sie eine breite Wiesenniederung, die der Reisende bei seinem Besuche weithin überschwemmt fand, und nimmt, nachdem sie den Wolgasee durchflossen hat, bei Selischarow, wo ihr die Selischarowka von Nordwesten her die Wasser des Seligersees zuführt, den Charakter eines für mittlere Lastschiffe befahrbaren Wasserlaufes an.»

Die hydrographischen Verhältnisse im Gebiete von Olonez[1]). Nach den Untersuchungen von Kulikowski im Sommer 1891 sind diese Verhältnisse höchst eigentümlicher Art, wie folgender Auszug aus diesem Berichte lehrt. Es giebt dort Flüsse, die nicht immer nach ein und derselben Richtung laufen, sondern zeitweilig eine entgegengesetzte annehmen, wie z. B. die Dolgoserka im Kreise Lodcinoje-Polje, die Schuja im Kreise Petrosawodsk; ferner Flüsse, die im Winter nicht zufrieren, an welchen Zugvögel überwintern; es finden sich solche im Kreise Kargopol; endlich Flüsse, die im Winter ihre Eisdecke abwerfen und plötzlich wieder zufrieren. Die Schuja z. B. entspringt in Finland und nimmt kurz vor ihrem Einfalle in den Onegasee einen Zufluss aus dem See Ukschosero auf, der im Laufe des Jahres mehrmals seine Richtung ändert und in den Ukschosero zurückläuft. Im Winter wird das Eis blau, birst, wird überflutet, schmilzt, und aus dem Flusse strömt Dampf. Auch die Schuja selbst geht im Winter auf 2, 3, sogar 7 *km* in ihrem unteren Laufe auf. Sowie aber der Zufluss in den Ukschosero zurückläuft, friert sie plötzlich in einer Nacht wieder zu. Dieses aufeinanderfolgende Aufgehen und Zufrieren erklärt sich wohl dadurch, dass auf dem Boden des Sees in der Nähe des oberen Flussufers sich Quellen befinden, welche sich verändern und nur zeitweise thätig sind. Ist letzteres nicht der Fall, so sinkt der Wasserspiegel des Ukschosero unter das Niveau des Zusammenflusses mit der Schuja, das Wasser fliesst in den See; im umgekehrten Falle nimmt dieselbe eine entgegengesetzte Richtung an. Im Winter ist das wärmere Quellwasser im stande, das Eis des Flusses zum Tauen zu bringen. Es ist unzweifelhaft, dass die Wasseroberfläche des Onegasees einst bei weitem grösser, sein Niveau 19 bis 25 *m* höher gewesen ist als jetzt. Die Gestalt seiner Ufer ändert sich, aus den Buchten bilden sich kleine abgesonderte Seen und Sümpfe. Das Gebiet von Olonez wird überhaupt ärmer an Wasser, indem die vielen dort befindlichen Seen zuwachsen. Letzteres wird durch die Trümmer der Ufer, die Anschwemmungen der Flüsse, sowie durch die dort sich bildenden Moorschwämme und Humusschichten bewirkt. Im allgemeinen sind die Ufer solcher Seesümpfe niedrig und erheben sich kaum über die Wasserfläche; andere bestehen aber auf einer Seite aus senkrecht abfallenden Felsen. Die diesen anliegenden Stellen sind sehr tief; sie wachsen langsamer zu

[1]) Gaea 1895. p. 248.

und meistens erst, wenn der übrige Teil des Sees bereits zu einem Sumpfe geworden ist. Man kann hier alle Stadien des Zuwachsens der Seen beobachten. Nach der Ansicht von N. S. Poljakow ist der ganze südöstliche Teil des Gouvernements Olonez auf diese Weise entstanden, und auch die übrigen Kreise verdanken den grössten Teil ihrer Erdoberfläche diesem Umstande.

Das Delta des Indus schildert M. R. Haig[1]), hauptsächlich mit Rücksicht auf die einzelnen Flussarme und deren Veränderung in historischer Zeit. Die Veränderungen des Deltas gegen das Meer hin sind örtlich sehr verschieden, an einzelnen Stellen drängt der Ozean vor, an anderen Punkten soll die Strommündung jährlich bis über 600 *m* (?) hinaus rücken. Nur die Hauptarme führen das ganze Jahr hindurch Wasser, weshalb auch nur an ihnen grössere Orte liegen. Im ersten Jahrhunderte nach Christus werden sieben Arme des Indus erwähnt, von denen indessen nur der mittelste schiffbar war. Auch heute ist der mittlere Strom der Hauptarm, doch hat er sich erst 1758 sein heutiges Bett geschaffen.

Die Beziehungen zwischen meteorologischen und Hochwassererscheinungen der Flüsse. Da die Wasser unserer Flüsse nur den atmosphärischen Niederschlägen entstammen, so ist von selbst klar, dass die Hochwasser, welche sich zu gewissen Zeiten einstellen, von besonderen meteorologischen Bedingungen abhängen. In dieser Beziehung hat man bereits die abenteuerlichsten Hypothesen aufgestellt, und zwar hauptsächlich, um an der Hand derselben eine wenn auch unbestimmte Vorausbestimmung zukünftiger Hochwasser geben zu können. Keine solcher Hypothesen hat sich indessen bewährt, hauptsächlich, weil es bis jetzt noch an Material fehlt, um die verwickelten Bedingungen, durch welche die Hochwasser im einzelnen hervorgerufen werden, nach ihrem gesetzmässigen Auftreten und ihrem Zusammenwirken abschätzen zu können. Wer sich mit dem Gegenstande wissenschaftlich genügend beschäftigt hat, weiss, dass sich das Problem noch am einfachsten bei den Strömen im östlichen Mitteleuropa, der Elbe, Oder und Weichsel, darstellt. Das Sommerhochwasser, welches im Juni und anfangs Juli 1894 die Flussthäler der Oder, Weichsel und einiger Nebenflüsse betroffen hat, veranlasste den Vorsitzenden des Ausschusses zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Überschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flussgebieten, das Bureau dieses Ausschusses mit einer Untersuchung über den Verlauf der Hochfluten und über deren meteorologische Ursachen zu beauftragen. Der hierauf erstattete Bericht ist im amtlichen Teile des Zentralblattes der Bauverwaltung 1894, sowie als besondere Schrift unter dem Titel: »Erläuterung der Beziehungen zwischen meteorologischen und Hochwassererscheinungen im Odergebiete«, von Dr. H. Gravelius, erschienen. Wie

[1]) The Indus-Delta-County. London.

vorauszusehen, haben sich diese Beziehungen bei der Oder sehr klar erkennen lassen. Wer sich tagtäglich mit den Witterungszuständen in Mitteleuropa zu beschäftigen hat, kann sich nicht dem Eindrucke entziehen, dass es im Sommer hauptsächlich gewisse, von der Adria herkommende Depressionen sind, die bei ihrem Zuge nach Norden gewaltige Regenmassen niedersenden und dadurch unmittelbar die Junihochwasser der Elbe und Oder und die Augustüberschwemmungen der Weichsel veranlassen. Solchen Zusammenhang hatte bereits 1888 Professor Hellmann vermutet, und durch die obige Untersuchung ist er nunmehr als sicher nachgewiesen worden. Diese Untersuchung erstreckt sich bezüglich der Oder auf den Zeitraum von 1876—1893, und innerhalb dieser 18 Jahre entspricht der Bewegung einer Depression in der bezeichneten Richtung stets ein Sommerhochwasser. Etwas Ähnliches ist nach dem hydrologischen Jahresberichte für die Elbe (1893) ebenfalls nachgewiesen. »Nur muss,« bemerkt Dr. Gravelius, »vor einer sanguinischen Auffassung dieses Ergebnisses gewarnt werden, etwa in dem Sinne, als ob man heute schon, vielleicht unter einiger Vermehrung der Beobachtungsstationen in den in Betracht kommenden Gebieten, in der Lage wäre, auf Grund der dortigen telegraphischen Meldungen von seiten einer Zentralstelle Hochwassermeldungen auszugeben, analog den Sturmwarnungen. Eine grosse Wahrscheinlichkeit spricht für Erreichung dieses Zieles, noch aber ist es nicht erreicht«. Die grössere Schwierigkeit der Voraussagung eines Hochwassers, als etwa eines Sturmes, liegt darin, dass in jenem Falle mehr unbekannte Faktoren in das Problem eingehen, nämlich die Quantität der Niederschläge und die geographische Lage, wo sie hauptsächlich herabkommen. Für das Odergebiet ist, unserer Ansicht nach, das Problem noch am einfachsten und dürften Hochwasserprognosen fast so viele Treffer erreichen wie die Sturmwarnungen. Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Rheine. Hier haben die obigen Depressionen natürlich gar keinen Einfluss, es giebt aber auch kaum andere, auf bestimmten Zugstrassen laufende Depressionen, welche den Wasserstand des Rheines in so ausgesprochener Weise, wie solches bei der Oder der Fall ist, beeinflussen. Auch ist unterhalb der Moselmündung ein Einfluss der sommerlichen, stärkeren Wasserzufuhr aus den Alpen wenigstens in den Hochwasserständen nicht ausgesprochen, diese werden fast ausschliesslich durch die Anschwellungen des Neckars, des Mains, der Nahe, Lahn und Mosel bedingt. Aber auf Grund der bisherigen Erfahrungen lässt sich aus dem Steigen des Wasserspiegels im Ober- oder Mittellaufe eines Flusses, wie der Rhein ist, quantitativ nichts Bestimmtes über das Steigen des Wassers im Unterlaufe sagen.

Das Alter der Niagarafälle. Diese berühmtesten aller Wasserfälle haben neben dem touristischen auch ein grosses wissenschaftliches Interesse dadurch, dass man in ihnen eine Art geologischer Zeit-

messer für das Alter der jüngsten Erdepoche seit der Eiszeit besitzt. Schon im vorigen Jahrhunderte hat Ellicot berechnet, dass der Niagara 55000 Jahre gebraucht hat, um den schmalen Kanal von Lewiston bis zu den heutigen Fällen einzuschneiden. Später stellte Sir Charles Lyell hierüber genaue Untersuchungen an und fand ein Alter von 35000 Jahren, wobei er ein durchschnittliches Zurückweichen der Fälle von 1 *m* in drei Jahren annahm. In der letzten Versammlung der amerikanischen Naturforscher zu Brooklyn berichtete J. W. Spencer über seine neuen Untersuchungen bezüglich des Zurückweichens der Niagarafälle. Während man bis dahin das Alter dieser Fälle einfach dadurch bestimmte, dass man den Betrag der Länge der von ihnen ausgewaschenen Schlucht durch den Betrag des jährlichen Zurückweichens dividierte, suchte Spencer auch die verschiedenen Bedingungen, unter denen der Niagara in der Vorzeit arbeitete, zu berücksichtigen. Wenn z. B. in einer gewissen Epoche die Höhe des Falles nur halb so gross war als heute, oder wenn die Wassermasse etwa bloss ein Viertel der heutigen betrug, so muss notwendig die Geschwindigkeit des Zurückweichens der Fälle geringer gewesen sein, dagegen war sie notwendig grösser, wenn etwa bei gleicher Höhe voreinst eine grössere Wassermasse über die Felswand herabstürzte. Die Untersuchung von Spencer führte diesen nun zu dem Schlusse, dass in der frühesten Zeit des Niagara dieser nur die Wasser des Eriesees in den Ontariosee führte, während der Huronsee und die hinter diesem liegenden Seebecken ihren Abfluss durch den Ottawastrom hatten. Damals gingen nach Spencer nur $^{3}/_{11}$ der heutigen Wassermassen über die Fälle, und dies dauerte so lange, bis die ausgehöhlte Schlucht eine Länge von 11000 Fuss besass. Den hierzu erforderlichen Zeitraum berechnet Spencer zu 17200 Jahren. In der zweiten Epoche nahm allmählich die Wassermasse des Niagara zu, und das Zurückweichen der Fälle betrug 10000 Fuss, wozu ein Zeitraum von 10000 Jahren erforderlich war. Dann stürzte die Wassermasse in ihrer heutigen Menge über eine 420 Fuss hohe Wand, und dieser Stand der Dinge blieb, während die Fälle 4000 Fuss zurückwichen, was in dem kurzen Zeitraum von 800 Jahren geschah. In der letzten Epoche, in welcher wir heute den Niagara sehen, wichen die Fälle 11500 Fuss zurück, und die Zeitdauer derselben beträgt 3000 Jahre. Sonach würde sich das gesamte Alter der Niagarafälle auf 31000 Jahre berechnen. Spencer hat sich auch mit der Zukunft des Niagara beschäftigt. Er hält die Meinung, dass die Fälle bis zum Eriesee zurückweichen werden, für irrig, vielmehr wird der östliche Rand des Eriebeckens, welcher jetzt schon in langsamer Hebung begriffen ist, schliesslich den Niagaraabfluss trocken legen und dadurch das Ende der Fälle herbeiführen. Die grossen Seen werden alsdann in der Nähe von Chicago gegen den Mississippi hin entwässert. Nach der gegenwärtigen Bodenbewegung zu schliessen, dürfte diese gewaltige Umwälzung sich in spätestens 5000 oder 6000 Jahren vollzogen haben.

Die Etsch schilderte A. Penck[1]). Sie ist der einzige den Ostalpen eigentümliche Fluss; der senkrecht zur Längenaxe des Gebirges, ziemlich geradlinig aus dessen Herzen bis an den Fuss strömt. Indessen ist das Etschthal ebenso wenig ein Werk der Zerreissungen und Verschiebungen der Erdkruste wie irgend ein anderes Alpenthal, sondern ein echter Einschnitt des Wassers, der sich keineswegs sklavisch an die Schichtstörungen des Etschbuchtgebirges knüpft, sondern in mancherlei Windungen dieselben durchmisst. Die Etsch folgt nicht einer alten Meeresbucht, als ob der Fluss hier das Meer abgelöst habe; Meeresbucht und Flussthal sind unabhängig von einander, beide aber in ihrer Richtung bedingt durch die Faltungen des Gebirges. Diese wiesen den Gewässern der Zentralalpen den Weg nach Süden, der Fluss hat denselben gleichsam ausgetreten und in ein Thal verwandelt.

Als Etschursprung gilt die Quelle eines Baches, welcher in 1571 *m* Höhe nördlich des Dörfchens Reschen unweit vom Scheideck entspringt und nach kurzem Laufe sich in den Reschensee ergiesst (1475 *m*). Oft auch wird dieser als Quellsee der Etsch bezeichnet. Die Hauptwassermasse aber bringt der längere Karlinbach aus dem gletscherreichen Langtauferer Thale, aber die Etsch drückt ihm ihre südliche Richtung auf, und weil er ihr Folge leistet, gilt er als ihr Nebenfluss.

»Das ganze grosse, breite Thal im Etschbuchtgebirge macht den Eindruck einer verschütteten Furche; ganz dasselbe gilt von dem oberen Thale bis nahe an den Etschursprung. Allenthalben schieben sich mächtige Schuttkegel in die Thalsohle, welche dazwischen mehr oder weniger versumpft ist. Nur dort, wo sie durch die Nebenflüsse an die Thalgehänge getrieben wird, legt die Etsch unterhalb ihrer Quellseen festes Gestein bloss. Erst bei ihrem Austritte aus den Alpen durchmisst sie eine Enge, die bekannte Veroneser Klause. Aber auch hier ist es keine Bergkette, welche der Fluss zu durchbrechen hat, sondern es ist nur eine Verschüttung seines eigentlichen Thales, die ihm den Weg durch die Felsen zu nehmen zwingt. Gerade am Fusse der Alpen, bei Rivoli, hat der eiszeitliche Etschgletscher seine Moränen in Form eines halbkreisförmigen Dammes geschüttet. Als der Gletscher schwand, stauten sich die Wasser oberhalb des Dammes zu einem grossen See, dessen Abfluss den Weg über ein Stück rechten Etschthalgehänges einschlug. Er hat sich darauf in den Fels eingeschnitten und ein neues jugendliches Thal neben dem verschütteten eingefurcht; das ist die Veroneser Klause; der alte Etschlauf liegt weiter westwärts unter den Moränen. So ist denn die Etsch von ihren Quellseen bis zum Austritte aus den Alpen heute kein Thalbildner mehr.«

Wo die Etsch nach dem Austritte aus den Alpen die Ebene betritt, ist sie in dieselbe eingeschnitten und eilt zwischen Steilufern

[1]) Zeitschrift d. deutschen u. österreichischen Alpenvereins 1895. p. 1 u. ff.

rasch dahin. »Als Stromaufschüttung ist das angrenzende Land für Wasser durchlässig und begleitet die Etsch als trockene Platte. Allmählich senkt sich letztere zum Flussspiegel herab. Wo sie denselben erreicht, treten die in ihr eingesickerten Wasser in Gestalt zahlreicher Quellen, Fontanili genannt, zu Tage. Das bis dahin trockene Land wird mit einem Male feucht, es wird durchsetzt von zahlreichen, meist künstlich festgelegten Gerinnen. Dabei ist es im natürlichen Zustande dem Hochwasser der Etsch im ausgedehntesten Masse preisgegeben. Dem ist nunmehr durch eine vielhundertjährige Kultur vorgebeugt. Sobald die Etsch in das Niveau der Ebene eintritt, wird sie eingedämmt und in künstlichem Bette zum Meere geleitet. Ihre Zuflüsse sind ebenso reguliert; vielfach wird sie zur Bewässerung der anrainenden Reisfelder angezapft. Unterhalb Verona beginnt die Umwandlung der Etsch in ein solch künstliches Gerinne, bei Albaredo ist sie vollzogen. Bis dorthin hat der Fluss nahezu das Gefälle wie im Etschbuchtgebirge, nämlich 0.94 *m* auf 1 *km*; anfänglich sogar ein wesentlich steileres. Unterwegs sammelt er noch die bereits zahm gewordenen, meist zwischen hohen Dämmen fliessenden Wildbäche der Lessinischen Alpen. Unterhalb Albaredo befindet er sich grösstenteils höher als das benachbarte Land; auf seinem Laufe von 114 *km* durchfällt er nur 21.8 *m*, also nur 2 *dm* auf 1 *km*. Als einziger Zufluss von Belang erhält er den noch in den Alpen wurzelnden Torrente Frassine. Von diesem abgesehen ist sein Gebiet schmal, undeutlich von dem des Bachiglione und jenem des Po geschieden. Wenige Kilometer von beiden entfernt, erreicht die Etsch das Meer. Im ganzen misst ihr Ebenenlauf vom Alpenfusse bis zur Adria 176 *km*, das ergiebt eine mittlere Fallhöhe von nur 0.5 *m* auf jeden Kilometer. Das Gebiet dieser Strecke misst bloss 3812 *qkm*, hat also nur eine mittlere Breite von 21 *km*.«

Die Etsch ist ein echter Alpenfluss, dies spiegelt sich in ihrem Wasserstande und ihren Temperaturverhältnissen. Nach den Messungen 1876—1885 hat die Etsch während dieser Zeit jährlich 5.7 Kubikkilometer Wasser bei Branzoll vorübergeführt, »also doppelt soviel, als der gesamte Starnbergersee birgt. Dem entspricht eine mittlere Wasserführung jeder Sekunde von 181 *cbm*. In den Monaten des Niederwasserstandes, November bis April, ist sie im Durchschnitte nur halb, im Februar nur unwesentlich mehr denn ein Drittel so gross. In den Monaten Mai bis Oktober hingegen steigert sie sich durchschnittlich auf das Anderthalbfache, im Juni sogar auf mehr als das Doppelte des Mittels. Von November bis April rollten jährlich 1.4, vom Mai bis Oktober 4.3 *ckm* in der Etsch unterhalb Bozen. Januar bis März lieferten nur 0.56 *ckm*, Juni bis August 2.63 *ckm*.«

Wieviel Wasserzuwachs der Fluss im Unterlaufe erhält, ist noch nicht festgestellt, Penck schätzt, dass die Etsch jährlich 12 *ckm*, also in jeder Sekunde 380 *ckm* Wasser dem Meere zuführt. Die Schwankungen in der Wasserführung laufen derjenigen des

Regenfalles parallel, in den trockensten Jahren ist auch die Etsch am wasserärmsten. Die grossen Überschwemmungen dieses Flusses werden durch die Herbstregen, welche eine bezeichnende Eigentümlichkeit des gesamten Etschgebietes sind, verursacht. Die gewaltigsten Regenfälle knüpfen sich an flache barometrische Minima. »Ein Minimum von wenigen Millimetern genügt, um ungeheuere Regenmassen zum Fallen zu bringen, was in der Regel, entsprechend der Unbedeutendheit der Luftdruckdepression, bei mässigen Winden geschieht, die vorwiegend aus Süden kommen. Indem aber die Luft, angesaugt vom Minimum, zum Anstiege auf alpine Höhen veranlasst wird, muss sie sich in ausgiebiger Weise ihrer Feuchtigkeit entledigen. Überschreitet ein Luftwirbel die Alpen, so fallen die reichlichsten Niederschläge im obersten Etschgebiete, nämlich selbst im Thale binnen 24 Stunden 40 *mm*. Hält sich hingegen der Luftwirbel über der Poebene auf, so regnet es am meisten im unteren Etschthale und Nocegebiete, wo es dann im Tage 40 bis 70 *mm* Regen giebt. Dabei herrschen im Etschbuchtgebirge meist schwache südliche Winde, welche mit schwachen nördlichen abwechseln.«

11. Seen und Moore.

Die Tiefen- und Temperaturverhältnisse einiger Seen des Lechgebietes hat Dr. W. Halbfass im August und September 1894 untersucht[1]). Die untersuchten Seen sind nach Namen, Tiefe und Grösse in folgender Tabelle zusammengestellt.

Name des Sees	Areal in *qm*	Grösste Tiefe in *m*	Volum in *cbm*	Mittlere Tiefe in *m*
Hopfensee . . .	1 774 000	11.1	9 513 650	5.36
Bannwaldsee .	2 100 000	11.5	13 444 000	6.4 (Schätzung)
Weissensee . .	1 292 000	25.0	17 397 500	13.5
Alpsee . . .	1 163 000	59.0	29 950 000	25.8
Haldensee . .	962 500	21.0	13 700 000	14.4
Vilsalpsee . .	705 000	27.0	10 300 000	14.6

Der Bannwaldsee hat ein im allgemeinen regelmässiges Gefälle; seine Maximaltiefe beträgt 11—12 *m* und befindet sich ziemlich genau im Mittelpunkte des ca. 2 100 000 *qm* grossen Sees, ungefähr 23% des ganzen Sees umfassend. Der kreisförmige nördliche Zipfel ist in Verschilfung begriffen, seine Tiefe erreicht nirgends 3 *m*. Das nordwestliche und das nordöstliche Ufer flachen sich allmählich ab, so dass erst in einer Entfernung von 300 bis 350 *m* eine Tiefe von 5 *m* und mehr eintritt; dagegen sind die Böschungen des südwestlichen, südlichen und südöstlichen Ufers steiler.

Der Schwansee schrumpft von Jahr zu Jahr mehr zusammen; sein Untergrund ist sehr moorig. Der Hopfensee nimmt am Südufer und an der Nordostecke noch stetig an Grösse ab. Er verdankt gleich dem Bannwaldsee seine Entstehung unzweifelhaft dem ehemaligen Lechgletscher

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 225.

und ist als ein Rest des grossen stehenden Gewässers anzusehen, das sich zur Glazialzeit am Ausgange des Lechthales in die Hochebene hinaus erstreckte, und wird unstreitig der zunehmenden Austrocknung und der Kulturarbeit allmählich gänzlich zum Opfer fallen. Vom gleichen Schicksale sind bereits mehrere kleinere Seen in der Umgegend ereilt, z. B. das Seelein nördlich von Eschach, dasjenige nördlich von Haidelsbuch, der Illasbergsee, östlich vom Lech, gegenüber von Rosshaupten und andere, die in der Ravenstein'schen Karte der Ostalpen (Bayrische und Algäuer Alpen) noch als vorhanden gezeichnet sind. Im Süden und teilweise auch im Osten des Sees befinden sich ausgedehnte Torfstiche, die diesem Teile des Sees einen etwas melancholischen Charakter geben.

Die Temperaturbeobachtungen des Verfassers sind nicht zahlreich, doch zeigen sie, dass der Hopfensee infolge seiner geringen Tiefe gegen die Schwankungen der Lufttemperatur, verursacht durch nächtliche Wärmeausstrahlung, heftige Winde, starke Regengüsse und Wärmeabsorption an windstillen warmen Tagen, sehr empfindlich ist, dass dagegen ein Einfluss der direkten Sonnenbestrahlung, wie ihn Thoulet (Distribution des temp. profondes dans le lac de Longemer, Compt. rend. **110.** 1890. p. 58 ff.) für den 30 *m* tiefen See Longemer in den französischen Vogesen bis 5 *m* Tiefe nachgewiesen zu haben glaubte, nicht vorhanden ist.

Beiträge zur physiographischen Kenntnis einiger Vogesenseen hat M. J. Thoulet veröffentlicht[1]). Es sind die auf der westlichen Seite der Vogesen liegenden Seen Lac de Geradmer, L. de Longemer und L. de Retournemer. Die beiden ersten sind Thalseen, durch Quermoränen abgesperrt, während der letztgenannte kleinere See ein im Gebirge eingetieftes Becken darstellt. Die Temperaturverhältnisse dieser Seen sind nicht wesentlich von denjenigen der Seen auf der östlichen Seite der Vogesen verschieden.

Der Plattensee. Dieser über 600 *qkm* grosse, aber seichte See wird auf Veranlassung der Ungarischen Geographischen Gesellschaft wissenschaftlich untersucht. Über die Ergebnisse der zu diesem Behufe angestellten Arbeiten in den Jahren 1892 und 1893 hat v. Loczy einen Bericht erstattet[2]), aus dem Prof. E. Richter folgenden das wesentliche umfassenden Auszug giebt[3]).

Der Plattensee liegt am Südrande des triassischen ungarischen Mittelgebirges (Bakonyi) in horizontalen pontischen Schichten eingesenkt. Geröllstreifen, welche von alten Flüssen herrühren und aus dem Gebirge quer über den jetzigen See auf das Südufer hinüberreichen (deren pliocäner Ursprung sicher ist), beweisen, dass der See zu dieser Zeit noch nicht bestanden hat; im Diluvium war er aber bereits vorhanden, und zwar mit einem 5 bis 6 *m* höheren Wasserstande als gegenwärtig. v. Loczy nimmt an, dass in der diluvialen Zeit Grabenversenkungen entstanden sind. Zuerst mögen sich nur einzelne Seen in den vom Gebirge herabführenden Flussthälern angestaut haben, die sich durch »die Arbeit der windgepeitschten Wellen« vereinigt und die jetzige regelmässige Gestalt erhalten haben.

---

[1]) Bull. de la Soc. de Géogr. Paris. 7. Ser. **15.** p. 557 u. ff.
[2]) Abrègé du Bulletin de la Société hongroise de Géographie 1894.
[3]) Petermann's Mitteilungen 1895. Litteraturbericht Nr. 131.

Der durchaus vorherrschende Nordwind spielt überhaupt auf dem See eine grosse Rolle. Am Nordufer sind alle staub- und sandartigen Bildungen weggeblasen, am Südufer hingegen angehäuft; hier sind alle Buchten durch unterseeische Nehrungen abgesperrt und am Ufer Dünen aufgeschüttet.

Die Temperatur des Sees schwankt bis zum Grunde mit der Lufttemperatur. Der See gefriert schon im November; unter dem Eise betrug die Temperatur 0°, an den tiefsten Stellen, bei 8 bis 10 *m*, + 2.6°; der Grundschlamm zeigte 3.5° C. Die Eisdecke ist von mächtigen Spalten durchzogen, welche die einzelnen Vorgebirge jedes Ufers mit einander verbinden, die Buchten absperrend, genau wie an den Kärnthener Seen. Die winterlichen Nordwinde treiben Staub, Erde und erbsengrosse Kiesel »in langen geraden Linien mit Schnellzugsgeschwindigkeit über das Eis. Auch der Schnee wird nach dem südlichen Ufer getragen. Zuerst bilden sich dort in der Windrichtung lange niedrige, bald aus deren Vereinigung auf die Windrichtung senkrechte Wehungen, ähnlich den Barkhanen wie sie der Flugsand bildet«. Im Sommer ist der See durch die starke Wellenbewegung, die den Grundschlamm aufwühlt, stets getrübt. Die nördliche Hälfte des Sees ist mit 1 bis 4 *m* tiefem, sehr weichem Schlamme bedeckt, die südliche Hälfte zeigt festen Boden. Auch diese Erscheinung ist dem Wellengange zuzuschreiben; am Nordufer wird Staub eingeweht; gegen das Südufer zu ist aber der Wellengang so stark, dass der Grundschlamm an das Ufer geworfen wird. Die »beine oder Wisse oder Strandbank« ist beim Plattensee sehr stark entwickelt und zeigt eine Breite von 100 bis 200 *m* mit einer Tiefe von 1.2 bis 1.5 *m*; dann sinkt der Seegrund rasch auf 4 *m*; sie ist auch am Nordufer schlammfrei.

Zwei Limnographen zeigten, dass der See auch »Seichen« besitzt. Diese werden nur zum Teile durch Luftdruckdifferenzen hervorgerufen; die häufigere Veranlassung ist der Wind, der die Seewasser verschiebt. Die ungarische Ausgabe bringt Proben der sehr komplizierten Originalkurven.

Bei der Naturforscherversammlung in Wien machte v. Loczy noch weitere interessante Mitteilungen über Bohrungen, welche beweisen, dass der See seit seinem diluvialen Hochstande auch schon eine Zeit viel niedrigeren Standes erlebt haben muss.

Ein neuer See in Kroatien ist in der Nähe der Plitvicer Seen bei Bihacs entstanden[1]). Er liegt in einem ausgedehnten Thalkessel zwischen Plaschki und Jesenica. Der See erstreckt sich in einer stellenweisen Tiefe von über 50 *m* auf eine Länge von 10 *km* und übertrifft an Ausdehnung selbst den grössten der Plitvicer Seen. Woher die immense Wassermasse gekommen ist, die den See bildet, ist noch nicht ermittelt worden, ebensowenig ist kon-

[1]) Hettner, Geogr. Zeitschrift 1. p. 247.

statiert, wohin das Wasser aus demselben, das an einer Stelle mit mächtigem Getöse abstürzt, abfliesst. Man sieht die Flut nur in einem jener Erdschlünde verschwinden, die in der dortigen Karstgegend so häufig vorkommen. Das seltsame Naturereignis bedeutet für die Bevölkerung der Gegend eine schwere Heimsuchung. Denn der Thalkessel, in welchem der See entstanden ist, bot bisher die besten Ackerfelder dar, und zahlreiche Bauernfamilien sind durch die Unterwassersetzung desselben um ihren ganzen Besitz gekommen. Alte Leute wollen sich jetzt allerdings erinnern, dass der in Rede stehende Thalkessel auch früher einen See gebildet habe, und die Formation des Terrains ist, wie versichert wird, geeignet, diese Behauptung zu unterstützen. Eine ähnliche Erscheinung ist auch bei Jezerana zu beobachten, wo sich gleichfalls ein neuer See gebildet hat.

Der See von Annecy. L. Duparc hat das Wasser dieses Sees untersucht[1]). Dasselbe enthält im Liter 0.1511 *g* feste Bestandteile gelöst, und der Abfluss des Sees führt der Schätzung nach im Jahre 51000000 *kg* gelöste Stoffe fort. Da die Zuflüsse in jeder Jahreszeit einen höheren Gehalt an gelösten Stoffen aufweisen als der See selbst, so muss ein Teil im letzteren niedergeschlagen werden.

Die physikalischen Verhältnisse einiger piemontesischen Seen sind von Giovanni de Agostini untersucht worden[2]). Die Beobachtungen geschahen in den Monaten September, Oktober und November. Aus den zwölf Messungsreihen, die an dem grössten und tiefsten See, dem Lago d'Orta, ausgeführt sind, ergiebt sich zunächst, dass die Temperatur der oberflächlichen Schichten bis zur Tiefe von 10 *m*, selbst noch im November, fast die gleiche ist, dass dann zwischen der Tiefe von 10 und 20 *m* ein bedeutender Temperatursprung beobachtet wird (die Sprungschicht der grösseren Landseen), und dass über 20 *m* hinaus der Einfluss der äusseren Wärme kaum merklich wird, so dass die Temperatur dann nur noch sehr allmählich sinkt. In der That betragen die Schwankungen zwischen Maxima und Minima vom August bis November an der Oberfläche 9.6°, in 5 *m* Tiefe 9.3°, in 10 *m* Tiefe 7.7°, in 20 *m* 1°, in 30 *m* Tiefe nur 0.2° und in 50 *m* bereits 0°. Im Laufe eines Tages änderte sich die Temperatur selbst an der Oberfläche nur wenig; in 20 *m* Tiefe war die Temperatur immer zwischen 7° und 8°, gleichgiltig, ob die Oberfläche 23° (im September) oder 14° (im November) warm war; in 30 *m* Tiefe blieb sie zwischen 6° und 6,2°, in 50 *m* war sie stets 5.5° und von 80 *m* bis zum Boden betrug sie 5.2°.

---

1) Archiv sc. phys. Genève 3. Ser. **31.** p. 191.

2) Atti della R. Accademia di Torino 1895. **30.** p. 285. Naturwissensch. Rundschau 1895. p. 409.

Die Messungen an den anderen Seen und die Vergleichung der Befunde sowohl mit den am grössten piemontesischen See erzielten, wie mit den Resultaten an anderen oberitalischen Seen führten zu folgenden allgemeinen Schlüssen:

1. Die Temperatur des Wassers in der oberflächlichen Zone zeigt sich gleichmässiger, wie die der darüber liegenden Luft. 2. Bis zur Tiefe von 10 *m* ist eine thermische Schichtung des Wassers nur wenig merklich. 3. Im allgemeinen findet sich nur um 10 *m* bei den etwas ausgedehnten Seen in der warmen Jahreszeit der Temperatursprung (Sprungschicht). 4. Dieser Wärmesprung zeigt deutlich, dass der Einfluss der äusseren Tageswärme sich nicht über eine verhältnismässig dünne Wasserschicht hinaus erstreckt. 5. Die Wassertemperatur über 20 *m* Tiefe sinkt langsam bis zu dem Punkte, wo der Einfluss der äusseren Temperatur Null wird; man gelangt dann zur Tiefentemperatur, welche bis zum Boden des Sees unverändert bleibt. 6. Die Temperatur des Bodens zeigt keine konstante Beziehung weder zu der Tiefe des Sees, noch zu den Dimensionen oder zu der Meereshöhe; wahrscheinlich steht sie im Zusammenhange mit den klimatischen Bedingungen der Umgebung, in welcher der See sich befindet. 7. Auch die Lage der Sprungschicht steht in keinem konstanten Verhältnisse zu diesen Elementen. 8. Die Seen Piemonts zeigen eine niedrigere Tiefentemperatur als die anderen italienischen Seen.

Die Beobachtungen der Farbe des Seewassers, nach der Forel'schen Skala ausgeführt (Vermischen blauer ammoniakalischer Kupfersulfat- und gelber Kaliumchromatlösung), ergaben bezüglich der grösseren Seen dieselben Farbennuancen, wie sie an den grossen Seen der Voralpen von anderen gefunden wurden; der Ortasee zeigte Färbungen, die zwischen Nr. IV der Forel'schen Skala (azurblau) und Nr. VI (grünlich blau) schwankten.

Die Durchsichtigkeit des Seewassers wurde an der Tiefe gemessen, in welcher eine weisse Scheibe eben verschwindet; diese Tiefe betrug im Ortasee gewöhnlich 8 *m* und stieg im November auf 9.5 *m*. Bei den anderen Seen schwankte diese Tiefe zwischen 2 *m* (Kandiasee, der ein bräunliches Wasser besitzt, ebenso wie der Tranasee, in dem die Sichtbarkeit nur 3 *m* betrug) und 7 *m* (Viveronesee); sie war jedoch in sehr guter Übereinstimmung mit Messungen, die im Vorjahre zur selben Jahreszeit angestellt waren. Da an einzelnen Seen auch in den Wintermonaten die Durchsichtigkeit des Wassers gemessen worden, schliesst Verf., dass die Sichtbarkeitsgrenze in gleichen Jahreszeiten immer dieselbe ist, abgesehen von gelegentlichen Störungen durch Schmutz von Bergwässern und Flüssen u. s. w., dass sie im Winter grösser ist als im Sommer und in der Mitte des Sees grösser, als an den Küsten und den Flussmündungen. Eine Vergleichung des Ortasees mit dem Maggiore- und Comosee ergiebt, dass das Wasser des ersteren viel durchsichtiger ist, als das der beiden letzteren, denn in diesen hatte Forel

die Sichtbarkeitsgrenze = 6 *m* gefunden; und noch undurchsichtiger hatte Forel das Wasser des Luganosees gefunden; die Sichtbarkeitsgrenze betrug in diesem nur 3 *m*. Das Wasser des Orta ist hiernach das durchsichtigste unter allen bisher untersuchten italienischen Seen.

Ein neuer See in der römischen Campagna. Der »Corriere di Roma« berichtet über die Bildung eines neuen Sees in der römischen Campagna folgendes: In der Nacht vom Charsamstag zum Ostersonntag (vom 13. auf den 14. April 1895) befanden sich einige Schafhirten in einer Scheune am Hügel San Martino unweit Leprignano, als plötzlich die Schafe heftig zu blöken anfingen und dann eilends die Flucht ergriffen. In demselben Augenblicke spürten die Leute den Boden erzittern, und kanonenschussähnliche Detonationen setzten sie in Schrecken. Sie eilten sofort aus der Hütte und sahen vor sich einen schwarzen Schlund sich aufthun, aus dem violette Flammen aufzüngelten, wobei ein scharfer Schwefelgeruch die Luft erfüllte. Die erschreckten Hirten flohen auf einen nahen Hügel und eilten dann bei anbrechendem Morgen zum Ortsvorstande von Leprignano. Dieser begab sich, der Lebensgefahr nicht achtend, mit einigen beherzten Männern sogleich an Ort und Stelle bis an den Rand des Schlundes. Sie fanden zur Zeit denselben vollständig trocken, nur machten sich schweflige Ausdünstungen bemerkbar. Leprignano liegt 32 *km* von Rom am rechten Ufer des Tiber, unweit der Ruinen des alten Capena. Eine Viertelstunde vom Orte erreicht man zu Wagen den Eingang eines Thales, aus welchem der Wildbach Gramicia über Felsterrassen hervorstürzt, und im Thalkessel befindet sich der kleine, von Platanen umgebene See Puzzo, der im Jahre 1856 infolge vulkanischer Ursachen, welche wohl auch bei dem neu entstandenen See thätig gewesen sind, entstanden ist. Nicht weit davon liegt dieser neu gebildete See. Die senkrecht abfallenden Ufer sind so regelmässig, als ob dieselben aufgemauert wären, und einige grüne Inselchen ragen aus den 12 *m* tiefen Gewässern hervor. Der erwähnte Bach Gramicia, welcher in den neu gebildeten Schlund sein Wasser ergoss und denselben füllte, erscheint jetzt trocken, während er früher zwei kleine Mühlen trieb.

Die sogenannten Sodaseen in Wyoming. D. Harvey Attfield untersuchte einige der ausgetrockneten natürlichen Natriumsulfatseen in Wyoming[1]). Er fand den grössten Teil der von einem solchen »See« eingenommenen Fläche nur mit einer dünnen Kruste von fast reinem, verwittertem Natriumsulfate bedeckt. Nur ein kleiner Teil enthält noch in einer gewissen Tiefe Krystalle von Glaubersalz. Die Annahme, dass hier Quellen von Natriumsulfat-

[1]) J. Soc. Chem. Ind. **14.** p. 3. Chem. Centralblatt 1895. **1.** p. 659.

lösung emporsteigen, die einen beständigen Zufluss dieses Salzes liefern, ist irrig, nur der Boden ist mit dem Salze imprägniert, und in der kurzen nassen Jahreszeit wird derselbe ausgelaugt. Die Wasser sammeln sich dann in den Bodenvertiefungen, verdunsten allmählich und hinterlassen in der trockenen Jahreszeit fast reines Glaubersalz. Technische Bedeutung haben diese Ansammlungen auch nicht. Nur die Seen bei der Stadt Laramia, welche Pemperton und Tucker 1892 untersuchten, haben in dieser Hinsicht einen gewissen Wert. Das Natron entstammt wahrscheinlich dem Gesteine der Rocky Mountains, der Schwefel dem Pyrit derselben, und die von den Bergen kommenden Bäche, welche schnell eintrocknen, imprägnieren dadurch den Boden der trockenen Gegend.

Der Asphaltsee auf Trinidad ist von Prof. S. F. Peckham besucht und geschildert worden[1]). Er liegt im Distrikte La Brea, etwa eine halbe englische Meile vom Meere ab, und umfasst mit seinem Erdpeche eine Fläche von einer englischen Quadratmeile. Dieses Pech ist zwar aussen hart und kalt, im Inneren aber weich oder sogar flüssig. An den meisten Stellen gestattet es, darauf zu gehen, wie auch seine Oberfläche nach allen Richtungen von mehr oder weniger tiefen, mit süssem Wasser angefüllten Furchen durchzogen ist. Nur da, wo der Asphalt noch quillt, wo sich gewölbte Stellen an der Oberfläche einstellen, läuft man Gefahr, einzusinken, namentlich wenn die heisse Tropensonne darüber brütet. Namentlich bewirkt der Asphaltboden als solcher eine unbedingte Unfruchtbarkeit, dennoch dringt eine Pflanzendecke da vor, wo jene Furchen bei grösserem Alter verwitterten Asphalt mit Staub auf sich tragen, also schon eine Art von Erdkrume gebildet haben.

Schon 1789 beschrieb der Engländer Alexander Anderson, 1807 Dr. Nicholas Nugent, 1832 Kapitän J. E. Alexander, 1855 N. S. Manross, 1892 J. R. Lechmere Guppy und einige andere, unter welchen besonders Clifford Richardson, die Erscheinung. Gerade dessen Bericht veranlasste Verf. zu einer Untersuchung über das Vorkommen des Asphaltes auf Trinidad, um sie mit den ähnlichen Verhältnissen in Kalifornien zu verbinden. Indem er sich Kap La Brea von NW her näherte, trat ihm das Asphaltriff als eine Barre rund um das Kap und gegenüber der See entgegen. Auf dem Kap selbst und seinem Vorsprunge in das Meer erscheint sie ähnlich wie niedrige Schichten von Gestein, welche bei näherer Betrachtung aus Massen von Asphalt bestehen, die in der Sonne zu einer homogenen Substanz verschmolzen wurden. Die Haufen, welche ursprünglich wohl 25 Fuss hoch sein mochten, waren nur noch drei Fuss dick. Neben diesen Haufen gab es andere von demselben Materiale, von welchem Lichterschiffe geladen hatten, und die nicht lange genug in der

[1]) American Journ. of Science. Juli 1895, daraus geschildert in Natur 1895. p. 459, wonach oben der Text.

Sonne gelegen waren, um zu schmelzen. Viele Hunderte von Tonnen waren in diesen Massen eingeschmolzen, die ursprünglichen Stücke, welche soweit geschlossen schienen, dass der Asphalt wieder mit einer Hacke gebrochen werden musste, um ihn wegzuschaffen. Wandert man an der Küste über diese Haufen, so trifft man auf eine Stelle, wo man den sogenannten Landasphalt, d. i. den gewöhnlichen Seeasphalt und das weiche, vom Zentrum des Sees geflossene Pech zu einem Gemische in Kesseln auf eine sehr rohe und einfache Weise zusammen kocht. Östlich gehend stösst man auf ein weites, von Asphalt bedecktes Areal, auf welchem letzterer in der Sonne zu einer flachen, etwa zwei Fuss dicken Schicht zusammenfloss; man erzählte dem Verf., dass diese Asphaltmasse ursprünglich 20 Fuss hoch war.

Eine sehr sorgfältige Untersuchung des gegenwärtigen Seebildes und seiner Grenzen lässt den Verf. annehmen, dass die Vermutung Richardson's richtig war, der den See als Krater eines alten Schlammvulkanes betrachtete und ihn aus sehr schwankendem Materiale gebildet sein liess durch Berührung mit Wasser, das in grosser Menge unterirdischen Quellen entfloss. In diesen aufsteigenden, dem Flugsande ähnelnden Strom ergoss sich in sehr bedeutender Menge zeitweise Bitumen, wodurch Einbrüche von Schlamm und Bitumen wechselweise geschahen, das Ganze einen Kegel auftürmte und zeitweise überflutete, während das Becken bis zum Ausschlusse des Schlammes sich allmählich mit Asphalt erfüllte. Es wurde aber auch klar, dass hier in einer unbestimmbaren Zeit eine Überflutung von Asphalt aus dem Krater nach der See zu stattfand, und zwar nach La Brea, d. i. nicht über seinen Rand, sondern durch eine Seitenspalte hindurch. In der That war dort ein Durchbruch; nachdem jedoch die Asphaltkompagnie so ungeheuere Massen von Erdpech dem See entnahm, ist die Bewegung des Bitumens aus dem See eine ruhige geworden. Noch im Jahre 1892 sprach Kapitän Alexander von einer »immensen« Flut, die sich aus dem See ergoss, und Manross bemerkte 1855 von diesem Strome, er sei an einigen Stellen durchgebrochen, und zwar in einer Mächtigkeit von 15 bis 18 Fuss. Man hat wirklich Asphalt daselbst bis zu einer Tiefe von 20 bis 40 Fuss ergraben.

Was das Erdpech selbst betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel, dass selbiges innerhalb der letzten 106 Jahre allmählich erhärtete. Im Jahre 1807 schrieb Dr. Nugent, das Zentrum sei so weich gewesen, dass man einen Becher darin habe untertauchen können. Auch Alexander schilderte es 1832 als so schwankend, dass das Gewicht eines Mannes einen Eindruck bis zu dessen Schultern habe bewirken können; und 23 Jahre später bezweifelte dieses Manross, womit auch wieder 24 Jahre später Kingsley übereinstimmte. Zur Zeit des Verf. belud ein Mann einen Karren in der Nähe des Zentrums im See, und obwohl er nicht lange auf einer Stelle verweilte, war doch keine Gefahr zum Einsinken vorhanden.

Dennoch darf nicht angenommen werden, dass die Agenzien, welche diese Ablagerung von Bitumen bewirkten, nun aufgehört hätten, aktiv zu sein oder zu ruhen. Denn wenige Miles entfernt, im SW des Sees, bei Guapo, giebt es Quellen von »Maltha« oder flüssigem Asphalte, welche noch fliessen; und innerhalb der Grenzen des Sees, sowie innerhalb weniger Ruten am Rande des Kegels, beobachtete Verf. das, was die Arbeiter dort »blowhole« (atmende Höhle) nennen. Es war eine kreisrunde Höhle von etwa 6 Zoll im Durchmesser, aus welcher Asphalt, flüssiger als er ihn sonst auf der Insel irgendwo sah, bis zu einem Betrage von etwa einem Barrel (Tonne) ausgeworfen wurde. Derselbe erschien so weich, um fliessen zu können, von glänzend schwarzer Färbung und, wie es schien, ohne oder doch mit nur wenig mineralischer Materie verunreinigt zu sein. Ein Arbeiter erzählte ihm, dass solche Höhlen ziemlich häufig vorkämen und keine Verbindung unter sich hätten.

Der Lake Eyre in Australien gehört, nach den Nivellierungen, welche gelegentlich des Baues der transaustralischen Eisenbahn angestellt wurden, zu den Depressionsgebieten der Erde. Nach einer Karte, welche dem Berichte des Chefingenieurs des südaustralischen Eisenbahnwesens beigegeben ist und den Stand der Eisenbahnen am 30. Juni 1894 darstellt, liegt das Bett des Südendes des Lake Eyre 38 F. (11.6 *m*) unter dem Spiegel des Ozeans bei Niedrigwasser; die Station Stuarts' Creek südlich vom See befindet sich noch 25 F. (7.6 *m*) unter dem Meeresniveau. Für den Lake Torrens giebt die Karte die wahrscheinlich abgerundete Höhenlage von 100 F. (30.5 *m*) über dem Meeresspiegel an[1]).

Die nordwestdeutschen Moore schilderte Dr. Tacke auf dem 11. deutschen Geographentage[2]). An der Oberflächengestaltung des deutschen Nordwestens nehmen die Moore einen hervorragenden Anteil. Nach der vorliegenden, allerdings nicht gerade sehr genauen Statistik besitzt die Provinz Hannover ca. 101.40 Quadratmeilen Moore, entsprechend 14.6 % der Gesamtbodenfläche, das Grossherzogtum Oldenburg 17.20 Quadratmeilen, entsprechend 18.6 % der Gesamtfläche, so dass die in den bezeichneten Gebieten vorhandenen Moore insgesamt einen Raum von 119 Quadratmeilen einnehmen. Aus der gewaltigen räumlichen Entwickelung dieser Bodenformation, die weiten Landstrichen des Nordwestens ein eigentümliches Gepräge verleiht, ihrer Eigenart in naturwissenschaftlicher Beziehung, ihrer Bedeutung für die Landeskultur und für die Volkswirtschaft, darf daher wohl die Berechtigung gewonnen werden, allgemeines Interesse für dieselbe in Anspruch zu nehmen. — Im Anschlusse an die hydrographischen und orographischen Verhältnisse

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 152.
[2]) Vergl. Gaea 1895. Heft 8.

lassen sich folgende Hauptmoorgebiete im nordwestlichen Deutschland unterscheiden: 1. Die Moore im Flussgebiete der Elbe, 2. die Moore am rechten Ufer der Weser, 3. die im Tieflande zwischen Weser und Ems, 4. die am linken Emsufer, im mittleren Ems- und Vechtagebiete, an das sich weit ausgedehnte holländische Moore anschliessen. — Die zweite Gruppe zerfällt in Moore südlich des Allerthales und nördlich desselben auf dem südlich-westlichen Abhange der Lüneburger Heide mit deren Fortsetzung im unteren Wesergebiete. — Die dritte Gruppe zerfällt in die Moore auf dem nördlichen Vorlande des Wesergebietes und der in die Niederung vorspringenden Höhenrücken (Kloppenburger Geest, Hümling) und in die Moore des Küstengebietes zwischen Weser und Ems (Moor auf dem linken Weserufer, im Ammerland, auf der ostfriesisch-jeverländischen Halbinsel).

Moore dürften vorwiegend alluvialen Ursprunges sein; die mineralischen Untergrundschichten dagegen, auf denen sie aufgewachsen sind, können sehr verschiedenes Alter und sehr verschiedene Beschaffenheit haben. Moore sind eben dort überall entstanden, wo stagnierendes Wasser den moorbildenden Pflanzen günstige Vegetationsbedingungen geboten hat, und sie entstehen auch heute noch, wo derartige Bedingungen ungestört obwalten. Die Art der Moorbildungen ist jedoch nach Lage des Ortes, an dem sie aufwachsen, dem grösseren oder geringeren Nährstoffgehalte des Untergrundes, der aus demselben und seitlich zuströmenden Wasser eine verschiedene. Man unterscheidet in botanischer und chemischer Hinsicht die folgenden hauptsächlichsten Moorarten: 1. Die vorwiegend aus den Resten von Gräsern, Scheingräsern, Moosen und Sumpfwiesenpflanzen gebildeten, an wichtigen Pflanzennährstoffen, namentlich an Stickstoff und Kalk reichen Grünlands-, Wiesen- oder Niederungsmoore. 2. Die hauptsächlich aus Torfmoosen, Wollgräsern und Heidekräutern entstandenen, verhältnismässig kalk- und stickstoffarmen Hochmoore oder Moostorfheidemoore. 3. Die zwischen den beiden ausgesprochenen Moorbodenarten stehenden sogenannten Übergangsmoore, die bald den Hochmooren, bald den Niederungsmooren näherstehen.

Die erstgenannte Gruppe liefert bei ihrem natürlichen Reichtume an wertvollen Pflanzennährstoffen nach genügender Entwässerung bei entsprechender Düngung einen Kulturboden von hervorragendem Werte; an dem landwirtschaftlich wichtigsten Nährstoffe, dem Stickstoffe, für dessen Beschaffung an Chilesalpeter die deutsche Landwirtschaft alljährlich Millionen an das Ausland zahlt, sind diese Moore so reich, dass sie keiner Düngung mit Stickstoff bedürfen; für die Verwendung künstlicher Düngemittel (Kalisalze, Phosphate) sind sie ausserordentlich dankbar. Der Ackerbau auf derartigen Mooren ist jedoch namentlich wegen der Frostgefahr ausserordentlich unsicher. Dem Rittergutsbesitzer Rimpau in Kunrau ist es nun gelungen, ein Verfahren, die sogenannte Moordammkultur

oder Sanddeckkultur, ausfindig zu machen, durch das die Vegetationsbedingungen der Ackergewächse auf derartigen Moorböden wesentlich verbessert, die Gefahr des Erfrierens derselben gemildert wird. Die Moordammkultur besteht in der Bedeckung des Moores mit einer Decke mineralischen Bodens (meistens Sand) von bestimmter Stärke; in dieser Decke wurzeln die Pflanzen und senken durch dieselbe ihre Wurzeln in das Moor, um dort Feuchtigkeit und Nahrung zu schöpfen. Diese im Laufe der letzten drei Jahrzehnte namentlich in Deutschland weit verbreitete Kulturmethode, durch die bis dahin ertraglose Moorflächen in Ackergefilde von grösster Fruchtbarkeit umgewandelt werden, gewinnt im Nordwesten allmählich immer grössere Verbreitung.

Weniger günstig von Natur ausgestattet sind die Hochmoore oder Heidemoostorfmoore, die der Ausdehnung nach im nordwestlichen Deutschland bei weitem überwiegen. Die landwirtschaftliche Nutzung derselben wird einmal durch ihre grosse Ausdehnung und die damit verbundene Schwierigkeit der Zuwegungen und Entwässerung erschwert, dann auch durch das grössere Bedürfnis der Hochmooräcker nach in der Düngung zuzuführenden Pflanzennährstoffen. Trotzdem ist es gelungen, diesen Boden in nutzbringende Kultur zu nehmen und demselben Erträge abzugewinnen, die den Vergleich mit besseren Bodenarten nicht zu scheuen brauchen. In unberührtem, »jungfräulichem« Zustande trägt die Oberfläche der Hochmoore ein dichtes, üppiges Torfmoorpolster, in der bestimmte grasartige Pflanzen (Scirpus, Eriophorum) eingestreut erscheinen und spärlicher oder reichlicher, je nach dem Grade der Abwässerung, Heidekraut in erhöhten Horsten. Generationen dieser Pflanzen nach Generationen wachsen empor, solange die Feuchtigkeit vorhält, der zentrale Teil erhebt sich nicht selten über die Umgebung, da das Ganze einen ungeheueren wasserreichen Schwamm darstellt, was zu dem Namen Hochmoor Veranlassung gegeben haben mag. Am Rande der Moore oder dort, wo menschliche Eingriffe eine stärkere Entwässerung geschaffen haben, bedeckt sich das Moor mit einem dichten Heidewuchse, unter dem sich eine besser zersetzte, nährstoffreichere, sogenannte Heidehumusschicht bildet. Dieses ursprüngliche Aussehen der nordwestdeutschen Moore ist wesentlich geändert worden durch die sogenannte Moorbrandkultur, die von Holland aus zu uns herübergekommen ist und die Ursache des verhassten Moorrauches (Heerrauch, Höhenrauch) bildet. Sie besteht darin, dass die Humusschicht an der Oberfläche der Hochmoore nach notdürftiger Entwässerung durch Brennen in Asche verwandelt, dadurch die Nährstoffe des Moores in aufnehmbare Form übergeführt, zum Teile allerdings vernichtet werden. Das Moorbrennen ist ein Raubbau schlimmster Art, da die Ackerkrume durch dasselbe vernichtet wird; die unter derselben lagernden unzersetzten Schichten können nur schwer und mit geringem Erfolge gebrannt werden. Der Anbau der Hauptfrucht der Brandäcker, des Buchweizens, ist zudem ausserordentlich

unsicher und das ganze Verfahren ein wahres Lotteriespiel, das alle die Nachteile eines solchen, namentlich für wirtschaftlich ungeschulte Menschen mit sich bringt. Es ganz zu verbieten, ist anderseits nicht möglich, da gerade die wirtschaftlich schwächsten Moorsiedelungen, die vorläufig von dieser wohlfeilen Kulturform noch grösseren Gebrauch machen, dadurch dem unfehlbaren Untergange anheimfallen würden. Eine ungleich segensreichere Kulturart, ebenfalls holländischer Herkunft, hat in unserem Nordwesten eine grosse Anwendung gefunden, wenn auch nicht entfernt die Blüte erlangt, wie in ihrem Mutterlande, die sogenannte Veenkultur oder Sandmischkultur. Grundbedingung derselben ist die Möglichkeit, das Moor zur Gewinnung von Brenntorf abtorfen und den Sand aus dem Untergrunde gewinnen zu können, der dann in ziemlich mächtiger Schicht mit der Oberfläche des Moores gemischt wird, die durch Abräumen der lockeren, nicht zur Brenntorfgewinnung geeigneten oberen Moostorflagen unserer Hochmoore, wie Überführen derselben auf den Boden des abgetorften Moores gewonnen wird. Durch das Verfahren werden die Vegetationsbedingungen auf dem Hochmoore in ähnlicher Weise verbessert wie bei der Moordammkultur nach Rimpau'scher Art auf Niederungsmoore. Bei genügender Düngung bringen so behandelte Hochmoorböden recht befriedigende Erträge. In Holland hat diese Kulturart deshalb vornehmlich eine solche hohe Entwickelung erreicht, weil dort seit Jahrhunderten die städtischen Abfallstoffe in mustergiltiger Weise zu einem wertvollen Komposte verarbeitet werden, der auf dem weit verzweigten Kanalnetze den düngerbedürftigen Hochmooräckern leicht und billig zugeführt werden kann.

12. Gletscher und Glazialphysik.

Schuttabfuhr durch Gletscher und Flüsse. Während des ganzen Jahres 1890 (mit Ausnahme des Oktober) wurde von B. Baëff die Geschwindigkeit des Wassers der Arve bei Genf an der Oberfläche gemessen, die Temperatur bestimmt und die Durchsichtigkeit des Wassers festgestellt. Die Führung suspendierter Stoffe erwies sich im Winter als gering (an Durchschnittstagen 2—10 *g* pro Kubikmeter), im Sommer als gross, sie schwankte zwischen 0.8 *g* pro Kubikmeter am 8. Januar und 3106 *g* am 29. Juni (am 3. Oktober 1888 führte 1 *cbm* ausnahmsweise ca. 5000 *g*). Sie wächst rapid bei steigendem Wasserstande, ist bei Hochwasser am grössten, bei gleichbleibendem oder langsam sinkendem Wasserstande aber merklich geringer, als bei gleich hohem, steigendem. Zu Anfange eines Hochwassers ist die Abspülung von der Landoberfläche immer am grössten, weil da am meisten Material für dieselbe bereit liegt. Umgekehrt wie die suspendierten verhalten sich die gelösten Stoffe, dieselben sind im Winter weit reichlicher vorhanden (ca. 300 *g* pro Kubikmeter), als im Sommer (ca. 180 *g*) und treten bei Hochwasser

ganz zurück. Die Extreme waren am 4. Dezember 319 und am 20. August 120 *g*, so dass die Schwankung viel geringer ist, als bei den suspendierten Stoffen. Das Zurücktreten der gelösten Stoffe im Sommer will Verfasser durch die grössere Geschwindigkeit des Wassers, dessen infolge der höheren Temperatur geringeren Kohlensäuregehalt und durch das Dominieren des Gletscherschmelzwassers erklären. Vom Januar bis September 1890 wurden Bestimmungen des Chlorgehaltes des Wassers unternommen, die Arve führte in diesen neun Monaten 4170 *t* Chlornatrium flussabwärts, und zwar war der Salzgehalt im Winter grösser als im Sommer.

Von besonderem Interesse sind gelegentliche Messungen des Schlammgehaltes einiger Gletscherbäche. Der Abfluss des Bossongletschers führte am 9. August pro Kubikmeter 2287 *g* suspendierte Stoffe, der Tourbach 243.5 *g*, der Argentièrebach 535 *g*, der Bach des Mer de Glace 483 *g*, der Tacconazbach 215 *g*, der Bont-Nant 644 *g*. Demgegenüber ist in gewöhnlichen Zeiten, d. h. bei Abwesenheit von Hochwasser, die Schlammführung von Bächen, die nicht durch Gletscher gespeist werden, sehr gering, sie schwankte nämlich bei vier Zuflüssen der Arve zwischen 22 und 36 *g*. Bei Hochwasser ändert sich das Verhältnis vollkommen; der Verfasser schätzt, dass am 3. Oktober 1888 bei grossem Hochwasser die Arve in 24 Stunden in 98000000 *cbm* Wasser über 300000 *t* Schlamm bei Genf vorbeigeführt hat. Die ganze Arve führte an Genf vorüber im Monate Februar 24850000 *cbm*, im Monate August 330056000 *cbm*, während des Jahres 1728171000 *cbm* Wasser; darin waren suspendiert im Februar 123 *t*, im August 221072 *t*, während des Jahres 624329 *t*, und gelöst im Februar 7604 *t*, im August 51474 *t*, während des Jahres 359315 *t* Stoffe. Hieraus geht hervor, dass der Fluss seinem 1980 *qkm* enthaltenden Entwässerungsgebiete 980000 *t* Gestein entführte, was nach Brückner bei einer Dichte 2.35 (nicht 1.3, wie Verf. will) 416000 *t* Gestein entsprechen würde. Die jährliche Abtragung des Arvegebietes berechnet sich hieraus zu 0.21 *mm*, wobei die Geschiebeführung an der Sohle des Flusses nicht berücksichtigt ist.[1])

Aus den Untersuchungen geht auf das deutlichste hervor, dass aus vereinzelten Beobachtungen geschöpfte Angaben über Wasser- und Schlammführung eines Flusses ganz wertlos sind, dass man auf die Abtragung des Landes nur aus täglichen, womöglich mehrere Jahre hindurch angestellten Messungen des Transportes an Wasser, Schlamm und gelösten Stoffen eines Flusses schliessen darf.

Die Gletscher des Mus-tag-ata hat Dr. Sven Hedin untersucht und geschildert[2]). Er leitet aus seinen Beobachtungen folgende allgemeinen Schlüsse ab.

---

[1]) Chem. Centralblatt 1895. **1.** p. 980.

[2]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1895. **30.** p. 94 u. ff.

»Die Gletscher befinden sich in einer grossen Periode des Rückganges. Alte Moränen, Geschiebelehm und erratische Blöcke erstrecken sich im Norden bis zum Kara-kul und Bassik-kul, welche selbst durch Moränen abgedämmt sind; im Süden finden wir dergleichen Spuren einer früheren, ausgedehnteren Vergletscherung bis in die unmittelbare Nähe des Kara-su. Doch oszilliert der Stand der Gletscherenden ein wenig mit den Jahreszeiten, indem sie im Sommer, da die Bewegung am kräftigsten ist, einige Meter vorrücken, um rudimentäre Endmoränen zu bilden, während sie im Winter, da die Bewegung fast aufhört, die Ablation an der Front dagegen noch, obgleich schwach, wirksam ist, sich wieder einige Meter zurückziehen.

Von Norden nach Süden werden die Gletscher immer kleiner, die alten Moränen immer grösser.

Die linken Seiten- und Ufermoränen sind immer mächtiger entwickelt als die rechten.

Bei den gegen Westen strömenden Gletschern ist die linke Hälfte wegen des Schattens kräftiger und höher als die rechte.

Nach Austritt aus den felsigen Thalwegen wird aber die linke Seite wegen ihrer exponierten Lage kräftiger abladiert..

Beim Austritte aus dem Gebirge werden die Gletscher zweiter Ordnung breit und dünn, und ihr Frontteil ist oft in zwei Lappen geteilt. Für die Gletscher erster Ordnung gilt dieselbe Regel, jedoch mit dem Unterschiede, dass die Zunge, nachdem sie sich beim Austritte ausgebreitet hat, allmählich sich wieder zuspitzt. Dies beruht darauf, dass die grossen Gletscher tiefer hinabreichen, in Regionen, wo die Abhänge sanfter sind; die kleineren Gletscher dagegen schmelzen schon in höheren Regionen ab, wo der Untergrund oft kuppelförmig ist, so dass sie sich wohl wie auf einem Gewölbe ausbreiten können, aber keine Gelgenheit haben, sich nachher wieder zuzuspitzen.

Die rechte Hälfte der gegen Westen strömenden Gletscher breitet sich immer nach rechts aus, und die Oberfläche fällt also nach Norden ab. Deshalb verlassen hier mehrere Schmelzbäche den Gletscher, um einen unabhängigen Gletscherbach zu bilden, der sich dann gewöhnlich mit dem Hauptbache desselben Gletschers vereinigt.

Mittelmoränen und Endmoräne sind im allgemeinen wenig entwickelt.

Fast alle Gletscher des Gebietes bilden in einer gewissen Höhe Stürze; ihre Oberfläche ist deshalb sehr verworren und zerfällt in Pyramiden und Pfeiler. Quer-, Längs- und Randspalten sind bei den meisten entwickelt; nur bei zwei Gletschern zweiter Ordnung sind sie spärlich vorhanden.

Der Fallwinkel dieser Gletscher ist immer sehr steil.

Infolge der kräftigen Insolation hören die Gletscher schon in einer Höhe von ungefähr 4300 *m* auf.

Die schnellste Bewegung fällt in die Monate Juni und Juli, sie scheint aber schon im September fast aufzuhören; die Gletscher erster Ordnung bewegen sich am schnellsten.

Die Ablation ist während sonniger Tage sehr kräftig; der Ikebel-su-Fluss, der fast ausschliesslich von Gletscherschmelzwasser ernährt wird, schwillt im Sommer zu einem grossartigen, schwer passierbaren Flusse an.

Unter den Gletschern dritter Ordnung finden sich Hängegletscher, parasitische und regenerierte Gletscher.

Ausser den Gletschern, welche ihre eigene Felsenpassage haben, sendet das Panzereis auch breite, dünne Ausläufer an den gewölbten Abhängen aus, die gewöhnlich schon in einer Höhe von 4700 bis 5000 *m* schmelzen.

In den Moränen der nördlichen Gletscher herrschen krystallinische Schiefer vor; in denen der südlichen Gneisse.

Das Firn- und Gletschergebiet des Mus-tag-ata-Massivs ist ganz und gar isoliert. Die nördliche Fortsetzungskette, das Kaschgargebirge, ist auch vergletschert, aber die Gletscher sind kleiner als die des Mus-tag-ata.«

Die Eiszeit. James Geikie's Werk über die Eiszeit[1]), welches in neuer Auflage erschien, stellt die Glazialerscheinungen in ihrem Zusammenhange und ihren Ursachen zum grossen Teile auf Grund eigener Forschungen des Verf.'s dar. Geikie nimmt drei grosse Eiszeiten an, ausserdem noch drei folgende, die successive unbedeutender wurden. Seine Ausführungen basieren hauptsächlich auf den Untersuchungen der Glazialgebilde Schottlands. Daneben fanden Untertauchungen und Hebungen des Landes statt. Die mit Wasser erfüllten Felsbecken Schottlands sind nach Geikie durch Gletschererosion entstanden. Ähnliche Vorgänge wie in Grossbritannien spielten sich in Skandinavien ab. Brückner fasst die Ausführungen Geikie's übersichtlich wie folgt zusammen[2]): »Gewaltige Strandverschiebungen erlebte das Gebiet des skandinavischen Inlandeises. Ein Untertauchen des Landes südlich der Ostsee ging der Ablagerung des oberen Geschiebelehms der baltischen Küstenländer (Geikie's vierte Eiszeit) voraus; es kommunizierte damals die Ostsee über Holstein hinweg frei mit der Nordsee; grosse Teile von Schleswig und den dänischen Inseln waren unter Wasser, In Westpreussen bei Freistadt liegen in 114 *m* Höhe marine Ablagerungen dieser Periode, in Holstein reichen sie bis 70 *m*, auf Rügen bis 50 *m*, auf Bornholm bis 16 *m*, auf den dänischen Inseln nur bis 10 *m* Höhe empor, und in Schonen befinden sie sich im Meeresniveau. Die Auflösung des grossen Baltischen Gletschers war von einem abermaligen Untertauchen des Landes begleitet und gefolgt. Die Ostsee trat diesmal durch mehrere Strassen quer über Zentral-

[1]) The Great Ice Age. 3. Edition. London 1893.
[2]) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 173.

schweden hinweg mit der Nordsee und ebenso über den Ladoga- und Onegasee mit dem Weissen Meere in Verbindung. Yoldiasee wird diese weite Wasserfläche nach dem Hauptfossile Yoldia arctica genannt. Damals entstanden die hohen Strandlinien Norwegens. Im Norden Russlands hatte das Eismeer auf weite Strecken hin das Land überschwemmt. Dass das Klima kalt war, zeigt ausser der marinen Fauna auch die Flora. Es folgte eine Periode, in der sich eine breite Landbrücke von Nordwestdeutschland nach Skandinavien erstreckte. Torflager jener Periode trifft man heute in Südschweden 30 *m* unter dem Meere. Damals war Grossbritannien ein Teil des Festlandes; die Ostsee aber war vom Meere abgeschnitten und ein Süsswassersee (Ancylussee, nach dem Leitfossile Ancylus fluviatilis). An der russischen Ostseeküste stand der Seespiegel höher als vorher; denn die Ancylusschichten ruhen auf Torfschichten mit Baumresten, in deren Liegendem erst die Yoldiaschichten auftreten. Uferlinien des Ancylussees sind vielfach an der russischen Ostseeküste vorhanden; sie liegen 15, ja bis 30 und 45 *m* über dem heutigen Meeresspiegel. Abflusskanäle des Ancylussees sind in tiefen Rinnen im Sunde (79 *m* tief), im Grossen und im Kleinen Belte am Grunde angedeutet. Das Klima war damals, nach der Flora und Fauna zu urteilen, gemässigt. Es folgt abermals eine Senkung des Landes, welche die Ostsee in freie Verbindung mit der Nordsee bringt. Das Meer steht in Südschweden wenigstens 50, in Südnorwegen 115 *m* höher als heute (Littorinasee). Die Fauna weist auf ein salzigeres und wärmeres Wasser hin als das heutige; auch die Flora hatte im Vergleiche zur heutigen einen wärmeren Charakter. Geikie stellt sowohl den Ancylussee wie die Littorinasee in seine vierte Interglazialzeit. Später erst bildeten sich die heutigen Verhältnisse heraus. Kürzer werden die diluvialen Gletscher Mitteleuropas geschildert. Geikie deutet an, dass er manche der hier als Moränen beschriebenen Ablagerungen auf Grund eigener Beobachtungen eher für Rubbledrift halten möchte, d. h. für Schutt der Glazialzeit, entstanden unter Mitwirkung von Schnee, aber ausserhalb des vergletscherten Gebietes, so ein Teil der moränen Steinmassen im Schwarzwalde, so die entsprechenden Ablagerungen der Rauhen Alb und des Frankenjura. Die Vergletscherung des Riesengebirges wird nach Partsch geschildert. — In den Alpen lassen sich drei grosse Eiszeiten unterscheiden, deren drei Moränen sich nördlich vom Bodensee und am Gardasee vorfinden. Die durch ein sehr mildes Klima ausgezeichnete erste Interglazialzeit wird durch die interglazialen Fossillager zu Pionico, Leffe und in der Höttinger Breccie bei Innsbruck repräsentiert, die zweite Interglazialzeit durch die verschiedenen schweizerischen Schieferkohlen, die Kohlen von Sonthofen u. s. w. Ausserdem ist jede Interglazialzeit durch Bildung einer Verwitterungsschicht sowie durch intensive Thalbildung in den Glazialschottern im Alpenvorlande ausgezeichnet.

Auch in den Alpen trifft man Erdmoränen eines kleineren Gletscherstandes, und zwar in zwei Dimensionen. Geikie hält sie für Zeugen zweier kleineren, ganz selbständigen Gletschervorstösse, während Penck in ihnen Rückzugsmoränen der letzten grossen Eiszeit sieht. Das nordamerikanische Inlandeis steht einzig da durch seine Grösse: es bedeckte über 8000000 *qkm*; dann aber auch dadurch, dass es gar nicht von einem Gebirge, sondern von der Hudsonsbai oder richtiger von zwei Zentren ausstrahlte, von denen das eine östlich der Hudsonsbai in Labrador, das andere unmittelbar westlich der Hudsonsbai lag. Wie in Europa, so finden sich auch im Bereiche des nordamerikanischen Inlandeises die Spuren von mehreren Eiszeiten, die durch Interglazialzeiten getrennt sind.

Die drei Glazialformationen sind durch Interglazialablagerungen voneinander geschieden. Diese bestehen teils in Verwitterungsschichten, teils in Anhäufungen von Vegetationsresten, zum Teile regelrechten »Forest-beds«. Die Vegetation weist für die erste Interglazialzeit auf ein Klima hin, das, wenn überhaupt, dann doch nur wenig kühler war als das heutige. Fossilschichten bei Toronto von 40 *m* Mächtigkeit, die wohl am besten der zweiten Interglazialzeit zugerechnet werden, die der Bildung der Ostwisconsinformation voranging, enthalten eine Fauna und Flora, die auf ein milderes Klima zu schliessen zwingt, als es heute dort herrscht. Nachdem das Eis der Ostwisconsinformation sich vom St. Lorenzthale zurückgezogen hatte, folgte ein Untertauchen des Landes, das bei Montreal im Vergleiche zur heutigen Seehöhe 170 *m* betrug: es lagerten sich die marinen Champlainschichten ab. Die Übereinstimmung der Folge der Ereignisse in Amerika und Europa ist bemerkenswert, wenn auch die Parallelisierung im einzelnen noch nicht definitiv ist.

Die Ergebnisse der Beobachtung d. h. der derzeitigen Deutung wahrgenommener Erscheinungen, die auf die Glazialepoche bezogen werden, machen die Frage nach der Ursache der Eiszeit immer brennender. Geikie bringt in dieser Beziehung nichts neues, sondern steht auf dem Boden der Croll'schen Hypothese, deren Unzulässigkeit ihm nicht bekannt zu sein scheint.

Die Ursachen der Eiszeit hat Luigi de Marchi behandelt als Beantwortung einer Preisausschreibung des kgl. lombardischen Institutes. Die Abhandlung selbst ist noch nicht gedruckt, sondern nur ein Bericht über dieselbe von Prof. Schiaparelli, dem das nachfolgende entnommen ist[1]).

Der Verf. hat sich hauptsächlich an den meteorologischen Teil des Problems gehalten. Obwohl sich der Gegenstand zu einer präzisen mathematischen Behandlung nicht sehr eignet, ist es dem Autor trotzdem gelungen, in einer strengeren Form, als es bisher geschehen ist, alles das darzulegen, was die Zufuhr und Abfuhr

---

[1]) Vgl. Gaea 1895. p. 535 u. ff.

eines Gletschers bildet, und die wesentlichen Bedingungen seines Wachsens und Schwindens zu bestimmen. Diese Erörterungen auf das vorliegende Problem anwendend, führen ihn schon zu allem Anfange dahin, die Unmöglichkeit der sogenannten orographischen Hypothese zu beweisen, nach welcher das Vorrücken der quaternären Gletscher von einer bestimmten Erhebung der von ihnen bedeckten Fläche hervorgerufen wäre. Ferner untersucht er die Ansicht, welche der Eisperiode eine höhere Temperatur der Luft und eine damit verbundene grössere Verdunstung zuschreibt, und findet dieselbe ebenso unannehmbar. Zum Schlusse gelangt er zur Anschauung, dass das Hereinbrechen der glazialen Periode durch eine allgemeine Erniedrigung der Temperatur hervorgerufen wurde, verbunden (sei es als Folge — oder als einfache Begleiterscheinung) mit einer allgemeinen Erhöhung der Feuchtigkeit und des Niederschlages. Diese Temperaturerniedrigung wäre ferner eher einer Abnahme der Sommertemperatur als der Wintertemperatur zuzuschreiben und daher einer Abnahme der Jahresschwankung der Temperatur.

Für diese Ansichten findet er eine Bestätigung in der Untersuchung der periodischen Schwankungen des Vorrückens und Zurückweichens der Gletscher. Es hat sich ergeben, dass jeder Hauptperiode des Vorrückens der Gletscher eine Reihe von sehr regenreichen und relativ kälteren Jahren vorangeht, während die wichtigsten Perioden des Zurückweichens fast gleichzeitig sind mit den Jahren der höchsten Temperaturen und geringeren Regenmenge. Die gegenseitige Abhängigkeit zwischen den Niederschlägen und der Temperatur im bereits angedeuteten Sinne erscheint auch im allgemeinen durch die Untersuchungen Brückner's über die gegenwärtigen Klimaschwankungen bestätigt. Für diese ist in unzweifelhafter Weise nachgewiesen, dass nicht eine Erwärmung, wohl aber eine Erkältung des Klimas notwendig ist, um eine grössere Feuchtigkeit und grösseren Niederschlag hervorzurufen.

So erscheint das vorgelegte Problem auf die Untersuchung jener astronomischen, geographischen und meteorologischen Bedingungen reduziert, welche im stande sind, die mittlere Temperatur und ihre jährliche Schwankung zu verringern, um gleichzeitig die Verdunstung und die Niederschläge — in Schneeform — zu vermehren. Der Autor untersucht die verschiedenen physikalischen Elemente, welche die Temperatur der Atmosphäre in jedem beliebigen Punkte derselben bestimmen, ebenso die analytische Funktion, welche die Temperatur durch diese Elemente ausdrückt. Unter diesen führt er das von Zenker zum ersten Male in seiner Abhandlung: »Über die Verteilung der Wärme auf der Oberfläche der Erde« (Berlin 1888) definierte Element der »Kontinentalität« ein, wodurch er in die Lage versetzt wurde, die Unregelmässigkeiten der Isothermen, hervorgerufen durch die Verteilung des Festlandes und des Meeres, darzustellen und mit einiger Annäherung auch

den Einfluss der ozeanischen und atmosphärischen Strömungen zu schätzen.

Nach diesen Vorarbeiten geht der Autor zur eigentlichen Diskussion des vorgelegten Problems über. Er beginnt mit der Prüfung einiger berühmter astronomischer Hypothesen und beweist, dass weder die Variationen der Intensität der Sonnenstrahlung, noch jene der Schiefe der Ekliptik, noch jene der Exzentrizität der Erdbahn, welche Croll als Grundlage seiner berühmten Theorie angenommen, genügend sind, um alle beobachteten oder in den vorhergehenden Abschnitten mit Recht abgeleiteten Thatsachen erklären zu können. Namentlich anregend erscheint die lange Diskussion der Croll'schen Hypothese, welche in der letzten Zeit nicht wenige Anhänger gefunden hat. Der Autor giebt zu, dass dem Vorhandensein einer Änderung der Exzentrizität in gleichen Breiten der beiden Hemisphären eine Verschiedenheit nicht in der mittleren Temperatur wohl aber in der Jahresschwankung der Temperatur folgen kann, und gestützt auf die im zweiten Abschnitte mathematisch entwickelte Theorie bestimmt er auch numerisch, wie gross diese Verschiedenheit sein kann. Für den gegenwärtigen Zustand der Exzentrizität findet er, dass die Jahresschwankung der Temperatur in der Nordhemisphäre vielleicht um einen Grad vermindert und um ebensoviel in der Südhemisphäre vermehrt sein kann. Solche Differenzen ergeben sich aber nicht aus den Beobachtungen, da sie durch stärkere meteorologische Einflüsse anderer Natur verdeckt erscheinen. Aber in der Vergangenheit, wo die Exzentrizität einen vier- bis fünfmal so grossen Wert erreicht hat als der gegenwärtige, konnte dieselbe in der jährlichen Schwankung der Temperatur Unterschiede von mehreren Graden in den gleichen Breiten beider Hemisphären hervorrufen. Es ist daher die Veränderlichkeit der Exzentrizität ein entschieden nicht zu vernachlässigendes klimatologisches Element; eine strenge Diskussion ihrer Einzelwirkungen führt aber zum Schlusse, dass in der Schätzung dieser Wirkungen, sei es im allgemeinen Probleme der geologischen Klimatologie, sei es im speziellen der Eiszeit, Croll und alle, die seine Theorie annahmen, ihre Wichtigkeit übertrieben oder dieselbe in einer Weise auffassten, wozu sie weder nach der Theorie, noch gemäss den Beobachtungen der Thatsachen berechtigt waren.

Eine der Hauptgrundlagen der Croll'schen Hypothese ist die sogenannte Temperatur des Weltraumes, welcher der Autor eine lange Nebenuntersuchung widmet.

Er giebt eine Übersicht der verschiedenen Hypothesen, welche die Grundlage der Berechnungen von Fourier, Pouillet, Liais, John Herschel, Fröhlich, Pernter bildeten, und nachdem er dieselben eingehend untersucht hat, schliesst er, dass das geheimnisvolle klimatologische Element »Temperatur des Weltraumes« genannt, zu welchem Croll und die Anhänger seiner Eistheorie Zuflucht genommen haben, ein Element ist, welches sich bisher unserer Diskussion entzieht.

Ohne a priori ausschliessen zu können, dass es zu jener Modifikation des terrestrischen Klimas, welche zum Entstehen der Eiszeit geführt hat, beigetragen haben kann, kann man sich derzeit damit doch nicht befassen; es könnte ein Reserveargument für die Zukunft bilden, wenn alle übrigen einer wissenschaftlichen Diskussion leichter zugänglichen Erklärungen ausgeschieden wären.

Es folgt die Untersuchung der geographischen Hypothesen, wie die von Lyell und Stoppani, nach welchen für die Erklärung der Glazialphänomene auch für die gemässigten Zonen gewisse Änderungen in der Verteilung der Meeres- und Landflächen genügen würden.

Angenommen, dass diese Verteilung während der Eisperiode von der gegenwärtigen besonders verschieden gewesen sei (was noch zu beweisen wäre, und von vielen verneint wird), so könnte man mit einer solchen Hypothese gewiss bedeutende Änderungen der Temperatur und der Feuchtigkeit einer bestimmten Region begründen. Der Autor glaubt aber, dass diese Einwirkung zu sehr überschätzt wurde, und kann nicht annehmen, dass man auf diese Art Rechenschaft über die Vereisung von Regionen der gemässigten Zone geben könne.

Nach diesen Ausscheidungen vereinigt er die Folgerungen der in seiner Arbeit untersuchten und bewiesenen Thatsachen. Die Grundhypothese, welche er als die wahrscheinlichste annimmt, ist die einer besonderen Abnahme der Durchsichtigkeit der Atmosphäre, verursacht durch das Hinzutreten einer das Gewöhnliche überschreitenden Menge von Wasserdampf, als deren Folge, einen bestimmten Zeitraum hindurch, ein dem gegenwärtigen besonders überlegener Grad von Regenfähigkeit und Bewölkung erreicht wurde. Die aus dieser Hypothese von ihm bewiesenen Schlüsse sind:

1. Zur Eiszeit bestand eine Abnahme der Temperatur, sowohl über dem Ozeane als über den Kontinenten, aber mehr über dem ersten als über den letzteren, folglich ein kleinerer Unterschied zwischen See- und Kontinentalklima.

2. Diese Abnahme, welche am Äquator verschwindet, wächst bis beiläufig bis zum 70. Breitengrade, um von da wieder in den Polarregionen abzunehmen.

3. Eine Verminderung der jährlichen Schwankung der Temperatur.

Alle diese Umstände hat der Autor als mit der Eiszeit innig verbunden nachgewiesen. Er neigt zur Ansicht, dies alles als eine einfache Zunahme der Perioden mit grösserer Feuchtigkeit anzusehen, welche sich auch heutzutage nach den Untersuchungen Brückner's in Zwischenräumen von beiläufig 35 Jahren folgen; eine Zunahme, hervorgerufen durch eigene Umstände, welche nach der einmütigen Zustimmung der Geologen zu einer bestimmten Zeit der quaternären Epoche vorherrschen mussten, als infolge der ausserordentlichen Niederschläge sich die unter dem Namen diluvische und

alluvische Erscheinungen bekannten unermesslichen postpliocänen und quaternären Ablagerungen bildeten.

Den Ursachen dieser reichlichen Niederschläge (welche nicht eine Hypothese, sondern eine Thatsache sind) nachzuforschen, bildet eine eigene Frage. Der Autor bespricht einige Hypothesen, welche zu diesem Zwecke vorgebracht wurden, unter anderen jene von A. Robert, nach welcher sich dieselben als Folge einer grösseren Verdunstung erklären würden, hervorgerufen durch eine bedeutend ausgedehntere und stärkere Vegetation, und die von Stoppani, welcher dieselben einer grösseren Ausdehnung der Meere, namentlich der tropischen, zuschreiben möchte, und die andere, von Charpentier, neuestens wieder durch Taramelli, angenommene, nach welcher diese ausserordentliche Zunahme des Wasserdampfes einem Wachsen der vulkanischen Thätigkeit der Erde entsprechen würde. Die Untersuchung dieser letzten Hypothese hat den Autor auf wichtige Ergebnisse geführt.

Die in den Katalogen von Fuchs und Russel vom Anfange dieses Jahrhunderts bis zum Jahre 1875 angeführten vulkanischen Ausbrüche ordnend, forscht er nach, ob in der Frequenz dieser Eruptionen irgend ein Zusammenhang mit den von Brückner entdeckten 35jährigen Regenperioden vorhanden ist, und gelangt zu einem negativen Resultate, das heisst zur Folgerung, dass im gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse diese Zusammenstellung eher gegen die Hypothese wäre, welche nach Charpentier die Glazialerscheinung und die quaternären Diluvien einer grösseren vulkanischen Thätigkeit dieser Periode zuschreiben möchte. Aus derselben Statistik folgt aber in evidenter Weise, dass es doch eine Periodizität in der Frequenz der Eruptionen giebt, eine Aufeinanderfolge von Maxima und Minima in einer elfjährigen Periode, unzweifelhaft derjenigen der Sonnenflecke entsprechend; die grösste vulkanische Thätigkeit der Erde mit der geringsten Häufigkeit der Sonnenflecke übereinstimmend und umgekehrt. Dieser neue Zusammenhang zwischen der periodischen Thätigkeit der Sonne und der vulkanischen der Erde bildet für sich eine nicht nur wichtige, sondern auch unerwartete Entdeckung.

Der Autor legt sodann dar, wie die von ihm angenommene Hypothese den Vorteil besitzt, drei geologische, dem Anscheine nach so verschiedene Vorkommnisse einer einzigen Ansicht unterzuordnen und auf dieselbe Ursache zurückzuführen, und zwar die Glazialperiode, die quaternären Alluvionen und die höheren Temperaturen der Polarregionen während eines bestimmten Zeitraumes der tertiären Zeit.

Er beweist, dass es zur gemeinsamen Erklärung dieser Thatsachen nicht genügt, eine Variation der Sonnenstrahlung anzunehmen. Die gleichförmigere Temperatur der tertiären Zeit hört hingegen auf, eine unerklärliche Thatsache zu sein, wenn man annimmt, dass in dieser Epoche die Atmosphäre durchsichtiger war als jetzt, und mit

sehr gemässigten Hypothesen über diese Durchsichtigkeit gelingt es dem Autor, die Schlüsse Heer's zu bestätigen. Auf diese Art hört die Eiszeit auf, eine isolierte Thatsache in der Erdgeschichte zu sein, diese Periode und die vorangehende der polaren Floren von Heer und die grossen Regenfluten, welche die quaternäre Periode einleiteten, stellen sich als Anomalien oder Abweichungen derselben Ordnung, aber des entgegengesetzten Zeichens, von einem gleichen normalen Zustande dar.

Das chronologische Alter der Eiszeit. Einen neuen Versuch, in dieser Beziehung zu Resultaten zu gelangen, hat Professor Heim veröffentlicht[1]). Er führt folgendes aus:

»Quer durch das Gersauerbecken des Vierwaldstättersees zieht unter Wasser eine grosse Moräne. Sie erhebt sich durchschnittlich ca. 120 *m* über den unterhalb folgenden flachen, im Mittel 200 *m* tiefen Seeboden und reicht stellenweise bis an 70 *m* unter die Oberfläche des Sees hinauf. Von der Moräne thalaufwärts bis zum Delta der Muotta ist der Seeboden ebenfalls ein total ebener Schlammgrund. Allein in diesem Seestücke liegt er nur 110 bis 120 *m* unter der Wasserfläche, also etwa 80 *m* höher als unterhalb der Moräne. Die Erhöhung durch das Muottadelta bildet eine flache Barriere bis an das jenseitige Ufer und begrenzt die Reussschlammablagerung thalabwärts. Oberhalb folgt der Urnerseeboden, der 180 bis 200 *m* unter dem Seeniveau liegt, also wieder bis über 80 *m* tiefer. Der Gersau-Beckenriederseeboden ist fast genau die Fortsetzung des Urnerseebodens. Dazwischen liegt das erhöhte Stück vom Muottadelta bis an die unterseeische Moräne. Es ist klar, dass die Erhöhung dieses Stückes bloss bedingt sein kann durch die Konzentration des Muottaschlammes auf dieses Stück. Die Moräne wirkte als Barriere und liess das trübe Muottawasser, das sich am Seegrunde ausbreitete, nicht weiter abwärts gehen. Die Moräne ist scharf in ihren Formen, nicht verfegt.

Sie gehört offenbar einem Stillstande des Gletscherendes in der letzten grossen Rückzugsperiode an. Die Hinterfüllung mit Muottaschlamm kann erst begonnen haben, nachdem der Gletscher die Moräne fertig abgelagert und das Seebecken dahinter wieder zu verlassen begonnen hatte. Die Erhöhung des Bodens auf dem Stücke Muottadeltamoräne hat also unmittelbar am Ende der Eiszeit beim grossen Rückzuge begonnen und dauert heute noch fort. Die Auffüllung des Urnersees ist im Rückstande geblieben, weil sich das Schwemmmaterial der Reuss auf eine viel grössere Fläche verteilen musste. Das Auffüllungsmaterial der Muotta hingegen erhöhte 80 bis 90 *m* mehr, weil es durch die Moränenbarriere auf eine kleinere Strecke sich konzentrieren musste.

Um weiter zu gehen, müssen wir nun eine Ausnahme machen, die zwar nicht exakt, aber doch in diesem Falle zulässig erscheint.

---

[1]) Vierteljahrsschrift der Naturf.-Gesellschaft in Zürich **39.** 2. Heft.

Wir nehmen an, dass die Sand- und Schlammmassen, welche Reuss und Muotta in den Vierwaldstättersee spülen, in direkter Proportion stehen zur Ausdehnung der zugehörigen Sammelgebiete. Selbstverständlich wird ausserdem die Dicke der Schlammauffüllung umgekehrt proportional sein der Grösse der Fläche, auf welcher sie stattgefunden hat. Nun können wir berechnen, welches das Verhältnis in der Bodenerhöhung von Muotta zur Bodenerhöhung durch die Reuss ist. Es wird die Proportion gelten:

$$\frac{\text{Sammelgebiet der Reuss}}{\text{Sammelgebiet der Muotta}} \times \frac{\text{Schlammablagerungsfläche der Muotta}}{\text{Schlammablagerungsdicke der Reuss}} = \frac{\text{Schlammablagerungsdicke der Reuss}}{\text{Schlammablagerungsdicke der Muotta}} .$$

Hierin sind folgende, aus den Karten gemessene Zahlen einzusetzen:

Sammelgebiet der Reuss ohne Delta	= 825	Quadratkilometer
» » Muotta » »	= 238	»
Schlammablagerungsfläche der Reuss	= 10.31	»
» » » Muotta	= 2.125	»

Das ergiebt:

$$\frac{825}{238} \times \frac{2.125}{10.310} = \text{rund } \frac{5}{7}.$$

Die ursprüngliche Basis des Sees, auf welchem seit dem Gletscherrückzuge die Ablagerungen stattfanden, ist nun zu bestimmen. Wir bezeichnen die unbekannte Dicke der Erhöhung des Urnerseebodens über dem ursprünglichen Seegrunde mit x. Dann gilt:

$$x : x + 80 = 5 : 7;$$

hieraus berechnet sich x = 200 *m*.

Der Boden des Urnersees mag also noch etwa 200 *m* tiefer gewesen sein. Seine Tiefe betrug somit ca. das Doppelte wie heute, und heute nach Abschluss der seebildenden Versenkung der Alpen lag der Urnerseeboden noch ca. 40 *m* über Meer.

Die Berechnung der absoluten Volume der Delta von diesem Niveau bis hinauf ist allerdings mit vielen Fehlerquellen behaftet. Die Oberfläche lässt sich leicht bestimmen, das Gefälle der Thalgänge unter die Delta, sowie das Gefälle des Deltagrundes selbst oder die Dicken des Deltas an verschiedenen Stellen sind ungefähr zu schätzen. Leon Wehrli hat diese Messungen und Rechnungen nach der Anleitung des Verfassers durchgeführt und gefunden:

Volumen des Muottadeltas Minimum	= 0.88	*ckm*
Maximum = 2.4 *ckm*, wahrscheinlichstes	= **1.50**	»
Volumen des Reussdeltas Minimum	= 2.07	»
Maximum = 12 *ckm*, wahrscheinlichstes	= **6**	»

Die jährliche Geschiebeführung der Reuss ist von dem Verf. früher (Über die Erosion im Gebiete der Reuss, Jahrbuch des

Schweizer Alpenklubs, 14. 1879) zu 200000 *cbm* per Jahr gemessen und geschätzt worden. Diejenige der Muotta können wir danach

$$\text{annehmen zu } 200000 \frac{238}{825} = 66000 \; cbm.$$

Das Alter des Muottadeltas ergiebt sich sonach in Jahren:

$$\text{Minimum} = \frac{880000000}{66000} = \text{ca. } 13000 \text{ Jahre}$$

$$\text{Maximum} = \frac{2400000000}{66000} = \text{ca. } 36000 \text{ »}$$

$$\text{wahrscheinlichstes} = \frac{1500000000}{66000} = \text{ca. } \mathbf{23000} \text{ »}$$

Das Alter des Reussdeltas ergiebt sich danach in Jahren zu:

$$\text{Minimum} = \frac{2070000000}{200000} = \text{ca. } 10350 \text{ Jahre}$$

$$\text{Maximum} = \frac{12000000000}{200000} = 60000 \text{ »}$$

$$\text{wahrscheinlichstes} = \frac{6000000000}{200000} = \mathbf{30000} \text{ »}$$

Nun ist aber sehr wahrscheinlich die Zahl 200000 und die davon abgeleitete Zahl 66000 zu klein. Verf. ist mehr und mehr zur Überzeugung gekommen, dass, wenn die Reuss jährlich 150000 *cbm* grobe Geschiebe, wie wir messend festgestellt haben, in den See spült, der Sand und Schlamm, der nicht unmittelbar an der Mündung liegen bleibt, auf ebensoviel, das Ganze auf 300000 *cbm* per Jahr geschätzt werden müsse. Danach würden alle obigen Zahlen von Jahren auf $^2/_3$ zu reduzieren sein. Ausserdem ist hervorzuheben, dass die Dimensionen für das Reussdelta wahrscheinlich zu gross angenommen sind, weil ein Teil des Deltavolumens schon aus früherer — vielleicht interglazialer — Zeit stammen wird, während die örtlichen Verhältnisse diesen Fehler für das Muottadelta viel geringer zeigen. Halten wir uns also an die für das Muottadelta wahrscheinlichste Alterszahl von 23000, und reduzieren wir dieselbe noch aus angegebenen Gründen auf $^2/_3$, so erhalten wir für die Zeit, welche seit dem Rückzuge der Gletscher aus den grossen Seethälern verstrichen ist, als wahrscheinlichste Grösse ca. **16000** Jahre.

Die ebene Reussschlammauffüllung am Boden des Urnersees haben wir auf ca. 200 *m*, diejenige oberhalb der Moränenbarriere, von der Muotta stammend, 310 bis 320 *m* annähernd berechnet. Daraus ergäbe sich eine mittlere Schlammerhöhung des Urnerseebodens von ca. 12 *mm*, des Bodens oberhalb der Moränenbarriere von ca. 20 *mm* per Jahr. Nun ist anzunehmen, dass mit dem Rückzuge der Gletscher das Verhältnis vom Schlamme zu gröberem nahe der Mündung sich ablagerndem Geschiebe zu Ungunsten des ersteren sich verändert hat, so dass wir gegenwärtig eine kleine jährliche Bodenerhöhung für wahrscheinlich halten. Schon vor vielen

Jahren hat Verf. Versuche gemacht, diese Schlammerhöhung experimentell zu bestimmen. Dieselben missglückten. Ich werde sie erneuern und dadurch eine rückwirkende Kontrolle unserer Berechnung erhalten. Obige Zahlen stehen der Wirklichkeit sehr nahe, indem Professor Forel die jährliche Schlammablagerung am Grunde des Lemansees bei freilich viel ausgedehnterer Ablagerungsfläche, aber auch viel schlammreicherem Strome auf 1 *cm* per Jahr schätzt.

In unserer Berechnung stecken eine Menge kleinerer und grösserer Fehlerquellen. Ich habe mit Wehrli dieselben alle eingehend überlegt und ihren Einfluss auf das Resultat zu berechnen versucht. Manche der Fehler heben sich gegenseitig wieder auf, andere nicht. Es lohnt sich nicht, dieselben alle hier zu diskutieren. Wenn wir alle Fehler möglichst ungünstig sich kombinierend und gross annehmen, mag sich das Resultat um 50 % — vielleicht nach oben sogar um 100 % ändern. Allein trotz dieses möglichen Fehlers bleibt es immer ein interessantes, nützliches Resultat. Auf grössere Genauigkeit konnten wir von vornherein niemals hoffen. Wir haben so viel erreicht, sagen zu können, dass seit dem Rückzuge der diluvialen grossen Gletscher der letzten Vergletscherung wenigstens 10000, höchstens 50000 Jahre vergangen sind, und dass es sich jedenfalls bei der Frage nach dem Alter der Eiszeit weder um einzelne wenige Jahrtausende, noch um Jahrhunderttausende, wohl aber um einige Jahrzehntausende handelt. Die Grössenordnung der Jahrzahl darf doch wohl als ein sicherer Gewinn unserer kleinen Untersuchung angesehen werden — ein Gewinn, der übrigens in vollem Einklange steht mit dem, was mir in Erwägung aller Thatsachen stets als das Wahrscheinlichste erschienen ist. Wenn 16000 Jahre seit der letzten Vergletscherung entschwunden sind, so schätze ich aus interglazialen Schieferkohlen, interglazialer Thalbildung u. s. w., dass 100000 Jahre seit Beginn der ersten Vergletscherung verflossen sein mögen.«

13. Die Lufthülle im allgemeinen.

Argon, ein neuer Bestandteil der Atmosphäre. Die sehr unerwartete Entdeckung, dass unsere atmosphärische Luft einen der bisherigen Forschung entgangenen chemischen Hauptbestandteil enthält, ist von Lord Rayleigh und William Ramsay gemacht worden[1]. In einer besonders einberufenen Sitzung der Royal Society zu London vom 31. Januar 1895 haben die genannten Forscher die Ergebnisse ihrer Untersuchungen vorgetragen und gleichzeitig mitgeteilt, dass sie dem neuen Elemente wegen seiner Inaktivität den Namen Argon beigelegt haben mit dem Symbole A. Die wichtige Entdeckung wurde dadurch angebahnt, dass die beiden Forscher bei wiederholten Bestimmungen fanden, dass Stickstoff, welcher aus seinen Verbin-

[1]) Nature 1895. **51.** p. 347.

dungen abgeschieden wird, leichter ist, als der Rest, der nach Absorption von Wasser, CO_2 und Sauerstoff aus der Luft zurückbleibt. Ein Liter atmosphärischer Stickstoff wiegt 1.2572 *g*, reiner Stickstoff aus chemischer Quelle wiegt 1.2505 *g*. Dargestellt wurde der reine Stickstoff aus Stickoxyd, Stickoxydul, Harnstoff, Ammoniumnitrit und dem Ammoniak, welches durch die Einwirkung atmosphärischen Stickstoffes auf Magnesium und Zersetzung des Magnesiumnitrits durch Wasser erhalten worden war. Durch die Bestimmung des Chlors im Chlorammonium aus dieser Quelle ergab sich mit Sicherheit, dass Magnesium aus atmosphärischem Stickstoffe keine andere Substanz entzieht, als die in den Stickstoffverbindungen enthaltene. Durch Einwirkung von Induktionsfunken auf Luft und überschüssigen Sauerstoff ergab sich, dass der nicht in Stickoxyd überführbare, aus Argon bestehende Rest 0.76 % vom Volumen der Luft ausmacht. Die Gewinnung von Argon auf diesem Wege nimmt viel Zeit in Anspruch, da in der Stunde nur 30 *ccm* des Stickstoff-Sauerstoffgemisches eine Verbindung eingehen. Stickstoff aus Luft, die Pfeifenröhren passiert hatte, welche sich in einem evakuierten Glasrohre befanden, war schwerer als gewöhnlicher »atmosphärischer Stickstoff«. Das neue Element diffundiert langsamer, als der Stickstoff, und reichert sich daher in dem nicht diffundierten Teile der Luft an. Der hieraus sich ergebende Schluss, dass nicht etwa die Einwirkung des heissen Magnesiums oder der Induktionsfunken das Argon bildet, sondern dass dieses fertig in der Atmosphäre vorhanden ist, wurde noch dadurch bestätigt, dass aus chemischer Quelle stammender Stickstoff beim Leiten über erhitztes Magnesium vollständig absorbiert wird, und dass dasselbe stattfindet, wenn man ihn in Gegenwart von Kalilauge und Sauerstoff der Einwirkung von Induktionsfunken unterwirft.

Um grosse Mengen Argon darzustellen, wurde Luft vom Sauerstoffe durch glühendes Kupfer und vom Stickstoffe durch glühendes Magnesium befreit. Ferner wurde das Gas dadurch bereitet, dass Platinpole eines Induktionsapparates bei hoher Spannung und häufigem Wechsel in ein Gemisch von Stickstoff mit Sauerstoff gebracht wurden. Hierbei entsteht, wie Crookes gezeigt hat, eine Flamme brennenden Stickstoffes, und es gelang dadurch, drei Liter des Gemisches in einer Stunde zu absorbieren. Aus dem Gehalte der Luft an Argon und dem Gewichtsunterschiede zwischen atmosphärischem und reinem Stickstoffe ergiebt sich die Dichte des Argons, bezogen auf $O_2 = 16$ zu 20.6. Die Dichte des Gases, welches durch Absorption mittels des Induktionsfunkens dargestellt war, betrug 19.7, und die Dichte des durch glühendes Magnesium isolierten Argons betrug 19.9; die Bestimmungen der Dichte sind noch nicht einwandfrei.

Das Spektrum des Argons ist von Crookes untersucht worden. Man erhält das deutlichste Spektrum bei 3 *mm* Druck. Hierbei ist die Farbe rot, und zwei deutliche Streifen treten bei den Wellenlängen 69.656 und 706.64 auf. Unter anderen Umständen tritt

blaues Licht auf, und hierbei hat das Spektrum 119 Linien, von denen sich nur 26 unter den 80 Linien des rotglühenden Gases finden. Das rote Licht tritt zuweilen an dem positiven und das blaue an dem negativen Pole auf. Das deutet darauf, dass vielleicht im Argon ein Gemisch von zwei Gasen vorliegt. Wenn wenig Stickstoff dem Argon beigemengt ist, so verschwindet das Spektrum des ersteren nach kurzer Zeit, indem der Stickstoff von dem verdampfenden Platin gebunden wird. In der Luft lässt sich Argon spektroskopisch nur schwer nachweisen, weil das Spektrum nur bei grosser Verdünnung auftritt, bei welcher die Röhren kaum mehr leiten.

100 *ccm* Wasser lösen bei 13.9° 4.05 *ccm* Argon, also $2^1/_2$mal soviel als Stickstoff. Daraus ergab sich die Möglichkeit, dass das Regenwasser mehr Argon gelöst enthält, als Stickstoff. In der That zeigte das aus Regenwasser ausgepumpte Gas nach Entfernung des Sauerstoffes und der anderen Beimengungen ausser Stickstoff ein deutlich höheres spezifisches Gewicht, als »atmosphärischer Stickstoff«. — Das Verhältnis der spezifischen Wärme bei konstantem Drucke und bei konstantem Volumen wurde nach der Methode von Kundt aus der Schallgeschwindigkeit bestimmt. Es ergab sich hieraus das Verhältnis 1.61, also eine Zahl, die der für einatomige Gase berechneten Zahl 1.66 sehr nahe liegt. Die Verflüssigung und Verfestigung des Argons ist von Olszewski vorgenommen worden. Die kritische Temperatur ergab sich zu —119.8 bis —121.6°, der kritische Druck konstant zu 50.6 Atmosphären. Unter atmosphärischem Drucke siedet das farblose, flüssige Argon bei —186.9°, seine Dichte ist 1.5, also viel höher als die Dichte des flüssigen Sauerstoffes 1.124. Bei —189.6° erstarrt das Argon zu einer festen, eisartigen Masse. Die Versuche von Olszewski sprechen dafür, dass das Argon ein einheitlicher Körper ist. — Allen chemischen, bisher geprüften Einwirkungen widersteht das Argon. Es wird weder von Wasserstoff, noch von Sauerstoff unter der Einwirkung elektrischer Entladungen, noch von Chlor, Phosphor, Schwefel, Tellur, Natrium, Kalium, Ätznatron, Natronkalk, Salpeter, Natriumsuperoxyd, Persulfiden, Platinschwamm, Platinmohr, Königswasser, Bromwasser, Kaliumpermanganat, naszierendem Silicium oder Brom unter wechselnden Bedingungen angegriffen. Versuche mit Fluor sind in Aussicht genommen [1]).

Helium in der Erdatmosphäre. Das den Quellen von Wildbad im Schwarzwalde entströmende Gas soll nach einer älteren Analyse 96 % Stickstoff enthalten. Prof. H. Kayser hat deshalb dieses Gas auf Argon und Helium untersucht. Es zeigte bei der spektroskopischen Untersuchung in der That die charakteristischen Linien beider Elemente, und zwar von Helium nicht nur die Linie D_3, sondern auch die grüne Linie von der Wellenlänge 501.6 $\mu\mu$

[1]) Chem. Centralblatt 1895. 1. p. 467.

des dem Gase aus Bröggerit beigemengten ungenannten Gases. Das Auftreten von Helium in den Quellengasen von Wildbad beweist nun, dass auch Helium in die Erdatmosphäre gelangen kann, und in der That fand Prof. Kayser im Argon aus der Atmosphäre von Bonn die Linien D_3 und 388.9 $\mu\mu$ des Heliumspektrums[1]).

Die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die Wärmestrahlung der Sonne ist von Schukewitsch mittels des Chwolson'schen Aktinometers untersucht worden[2]). Die Beobachtungen geschahen am Observatorium zu Pawlowsk an 79 Tagen, von Ende August 1892 bis August 1893. Sie lieferten etwa 700 in absolutem Masse ausgedrückte Werte für die Intensität der Sonnenstrahlung. Das Maximum der letzteren fand sich am 20. und 21. April 1893 mit 1.43—1.44 Kalorien (Min./*qcm*) bei 38° und 41° Sonnenhöhe. Dann nahm die Intensität bis Anfang August ab, scheint im September ein sekundäres Maximum zu erreichen und sinkt dann rasch bis zum November, um abermals zu steigen. Um vom jährlichen Gange der Durchlässigkeit der Atmosphäre für die Wärmestrahlung der Sonne eine vollkommenere und präzisere Vorstellung zu erhalten, und insbesondere den Einfluss der Witterungsfaktoren auf die Permeabilität zu studieren, verwendete Schukewitsch die bei gleichen Sonnenhöhen beobachteten Werte der Strahlungsintensität und leitete durch eine sorgfältige graphische Konstruktion, wobei die erhaltenen Werte der Radiation zugleich auch auf die mittlere Distanz Sonne-Erde zurückgeführt wurden, um den Einfluss der im Laufe des Jahres sich ändernden Entfernung der Erde von der Sonne auf die Strahlung zu eliminieren, die den Sonnenhöhen von 9°, 12°, 15°, 18°, 24°, 30°, 40° und 45° entsprechenden Beträge der Intensität ab.

An einer für die Sonnenhöhe von 24° für das ganze Jahr noch besonders durchgeführten graphischen Darstellung liess sich dann in anschaulicher Weise ein angenähertes Bild vom jährlichen Gange der Durchlässigkeit der klaren Atmosphäre erhalten. Es zeigt die auf einer Tafel der vorliegenden Arbeit wiedergegebene Kurve der Radiation bei konstanter Sonnenhöhe von 24° ein Maximum (1.27 Kal.) der Durchlässigkeit im Winter, und zwar etwa zu Ende des Winters (am 7., 8. und 9. März) bei mittleren Tagestemperaturen von —12°, —17° und —15° und der absoluten Feuchtigkeit von 1 *mm*. Von dieser Zeit an stellt sich eine Abnahme der Durchlässigkeit ein. Bis in den Mai hinein ist diese Abnahme gering, von da an jedoch nimmt sie stark ab und bleibt sich dann nahezu gleich von Juni bis Mitte August, von wann eine Zunahme derselben stattfindet. Auf das Minimum der Durchlässigkeit im Sommer (mit 1.06 Kalorie) folgt ein sekundäres Maxi-

---

[1]) Chem. News **72**. 89. Chem. Ztg. **19**. 1549.
[2]) Wild's Repertor. f. Meteorologie **17**. Nr. 5.

mum im September und hierauf ein sekundäres Minimum im November. Doch schon der 26. November (mittlere Temperatur = — 15°, absolute Feuchtigkeit = 1 *mm*) zeichnet sich durch grosse Durchlässigkeit aus, welche der beobachteten Maximaldurchlässigkeit (7. bis 9. März) etwa gleichzusetzen wäre.

Um auch über den Zusammenhang der beobachteten Strahlungsintensitäten mit der absoluten Feuchtigkeit eine richtige Vorstellung zu erhalten, stellt Schukewitsch in einer Tabelle die mittleren Intensitäten bei gleicher Sonnenhöhe und gleicher absoluter Feuchtigkeit zusammen. Vergleicht man die derselben Sonnenhöhe und verschiedener absoluter Feuchtigkeit entsprechenden Intensitäten miteinander, so findet man eine Bestätigung der Abhängigkeit der von der Sonne zur Erdoberfläche gelangenden Wärmemenge von dem am Beobachtungsorte herrschenden absoluten Feuchtigkeitszustande. Zugleich ersieht man aber, dass für die verschiedene Absorption der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre diese Feuchtigkeit allein nicht die ausreichende Erklärung giebt. Schukewitsch weist ferner noch besonders auf die bedeutende Schwächung der Durchlässigkeit hin, die sich an Tagen mit Höhenrauch auffallend bemerklich macht, und bei einer Konfrontation der Durchlässigkeit mit den synoptischen Karten glaubt Verf. folgendes aussprechen zu dürfen:

Das Herannahen einer Depression äussert sich in einer Schwächung der Durchlässigkeit der Atmosphäre, noch bevor die charakteristischen Wolken auftreten.

Auf der Vorderseite einer Depression ist die Durchlässigkeit auch der scheinbar klaren Atmosphäre verhältnismässig gering, auf der Rückseite verhältnismässig gross.[1])

Die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die Sonnenstrahlen ist von A. Bartoli und E. Stracciati im Sommer und Herbste 1894 in der Nähe des Stilfser Jochs in 2850 *m* Seehöhe untersucht worden[2]).

Die Ergebnisse der Messungen stehen in vollkommenem Einklange mit denjenigen, die früher auf dem Ätna und im Toskanischen Apennin erhalten wurden, nämlich: 1. dass die Menge der durch die Atmosphäre hindurchgelassenen Sonnenstrahlen bei gleicher Höhe der Sonne (und caeteris paribus) hauptsächlich abhängt von der Spannung des in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfes, so dass an heiteren Tagen, an denen die Spannung des Wasserdampfes dieselbe ist, die Menge der bei einer gegebenen Sonnenhöhe durchgegangenen Strahlen dieselbe bleibt; ferner nimmt die Menge der hindurchgegangenen Strahlen schnell ab bei Zunahme dieser Spannung und also bei Zunahme der Menge des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes.

---

[1]) Meteorolog. Zeitschrift. Juli 1895. p. 51.
[2]) Reale Istituto Lombardo. Rendiconti 1895. Sér. II. 28. p. 583.

2. Bei vollkommen klarem, aber hellblau gefärbtem Himmel ist die Menge der durchgelassenen Strahlen viel kleiner als bei dunkelblauem Himmel; wenn man daher heliothermische Messungen vergleichen will, muss man auch die Färbung des Himmels mit dem Arago'schen Polarikyanometer oder mit einem anderen Präzisionsinstrumente ausmitteln.

3. Die Durchlässigkeit der Sonnenstrahlen, und somit auch die thermische Durchsichtigkeit der Atmosphäre bei gleicher Höhe der Sonne u. s. w. scheint auf dem Stilfser Joch gleich zu sein der in gleicher Höhe auf dem Ätna beobachteten.

4. Die Wärmemenge, welche auf dem Stilfser Joch von der Sonne auf die Einheit einer schwarzen Oberfläche in der Zeiteinheit an vollkommen klaren Tagen durch die Atmosphäre gestrahlt wird bei einer Spannung des Wasserdampfes unter $1/_2$ *mm* und bei einer Sonnenhöhe von 50^0 bis 55^0, hat mehrere Male den Wert übertroffen, welchen Pouillet für die sogenannte Sonnenkonstante A in der Formel $Q = Ap^{\varepsilon}$ bezeichnet hat, man muss daher betonen, dass der wahre Wert dieser Konstante viel grösser ist als der von Pouillet angegebene.

5. Unter den empirischen Aktinometern geben einige, wie das Violle'sche, Werte, welche von der Stärke des Windes abhängen, andere, wie das Arago'sche, werden hiervon nicht beeinflusst; aber die Angaben all' dieser Aktinometer leiden stark von den Strahlen, welche vom Boden, von den umgebenden Körpern und von der Atmosphäre (wenn sie nicht rein ist) gespiegelt und zerstreut werden, so dass über einem mit Schnee bedeckten Boden der Temperaturunterschied zwischen dem geschwärzten und hellen Thermometer sich verdoppeln kann; dasselbe gilt von den Destillationslichtmessern. Solche Apparate können daher wohl für die Landwirtschaft nützlich sein, dürfen aber nicht benutzt werden zu wissenschaftlichen Messungen der Sonnenwärme.

14. Temperatur.

Rasche Änderungen der Lufttemperatur. J. Y. Buchanan bespricht die von ihm gemachten Wahrnehmungen sehr rascher Temperaturschwankungen besonders beim Wehen des Föhn[1]). Die Schwankungen machen sich dem Gefühle deutlich bemerkbar, sind aber so rasch, dass sie nicht gemessen werden können. Beobachtungen im oberen Engadin lehrten ausserdem, dass, während der Föhn über den Gletscher wehte und die Oberfläche reichlich zum Schmelzen brachte, die Temperatur der Luft, so nahe dem Eise, wie nur das Thermometer herangebracht werden konnte, ohne das Eis zu berühren, niemals unter 5.5^0 C. sank.

---

[1]) Proceed. of the Royal Society 56. Nr. 336.

Anfangs Juli war in Port William (in Grossbritannien) das Wetter sehr warm, und in der warmen Luft fühlte man von Zeit zu Zeit wärmere Luftstösse, wie wenn auf dem Verdecke eines Dampfschiffes die am Schornsteine vorbeistreichende Luft das Gesicht trifft. Diese warmen Windstösse dauerten nur ein oder zwei Sekunden und wiederholten sich nach ein bis zwei Minuten; auf das im Schatten exponierte Thermometer hatten sie die Wirkung, das Quecksilber in steter Bewegung zu erhalten; es stieg oft mehr als 1°, um dann wieder ebenso viel zu sinken. An den registrierenden Instrumenten war das Uhrwerk zu langsam, um diese warmen Windstösse durch Zacken an der Kurve zu markieren; nur ein breiter Streifen bezeichnete die Amplitude der Exkursionen des Instrumentes, aber keineswegs die Amplitude der Lufttemperaturschwankungen. Besonders stark ausgesprochen war die Erscheinung am 8. Juli von 10^h a. bis 2^h p.; alle Bemühungen, die Temperatur der warmen Luftstösse zu messen, waren erfolglos. Man konnte nur die sehr hohe Temperatur (24.9° C.) um Mittag und die gleichzeitige Abnahme der Feuchtigkeit der Luft konstatieren.

Während eines mehrwöchentlichen Aufenthaltes zu Pontresina im August machte Verf. einen Ausflug nach dem Morteratschgletscher und bemerkte diese warmen Luftstösse, die ihm in Port William aufgefallen waren, auf dem Eise noch viel stärker als auf dem Lande; der Führer meinte, dieselben wären für den Föhn charakteristisch. Da die Eisoberfläche starkes Abschmelzen erkennen liess, machte Verf. mit einem Schleuderthermometer einige Messungen und fand 1 *m* über dem Eise eine Temperatur von 12°, während möglichst nahe dem Eise 10° und in einem Spalte unterhalb des Niveaus des Eises 7.5° C. abgelesen wurde. Obwohl im Schatten gemessen, waren diese Temperaturen nicht frei von Strahlungseinflüssen. Die Feuchtigkeit der Luft war gering.

Ähnliche Beobachtungen wurden auch an anderen Tagen angestellt mit gleichen Ergebnissen, stets waren auf dem Eise die Windstösse des Föhn viel merklicher als auf dem Lande. Leider lassen sich diese raschen Änderungen mit dem gewöhnlichen Thermometer nicht messen, dazu bedarf es nach des Verf. Meinung elektrischer oder thermoelektrischer Methoden.

Die Zahl der Tage mit Temperaturen von 25° C. und darüber im September 1895 hat M. Lancaster kartographisch dargestellt (Tafel V)[1]. Die Linien in der Karte verbinden alle Orte, welche eine gleiche Zahl von Tagen mit dieser Maximaltemperatur aufzuweisen haben. Die überhaupt erreichten Maxima der Wärme während des September 1895 sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

[1]) Ciel et Terre 1895. 2. Nr. 16. p 373.

	Maxim. der Temper.
England.	
London	31°
Niederlande.	
Utrecht	26
Vlissingen	27
Belgien.	
Ostende	30
Uccle	30
Maeseyck	32
Arlon	32
Deutschland.	
Hamburg	27
Berlin	33
Magdeburg	35
Münster	29
Cassel	32
Chemnitz	32
Breslau	30
Kaiserslautern	32
Bamberg	33
München	29°
Karlsruhe	31
Wiesbaden	31
Mülhausen	33
Frankreich.	
Charleville	35
Paris	36
Cherbourg	26
Brest	31
Ile d'Aix	35
Bordeaux	35
Le Mans	37
Limoges	36
Toulouse	36
Nancy	33
Besançon	34
Lyon	35
Nizza	32
Marseille	33
Perpignan	34
Biarritz	35

Die Lufttemperatur in der Höhe ist gelegentlich der vom Deutschen Vereine zur Beförderung der Luftschiffahrt in Berlin ausgeführten wissenschaftlichen Ballonfahrten, mittels der verbesserten Instrumente, sehr häufig und genau beobachtet worden. Dr. R. Assmann bemerkt über die Ergebnisse dieser Untersuchungen [1]: »Gegenüber den auf Grund früherer Ballonfahrten oder aus theoretischen Voraussetzungen angenommenen Werten erwies sich die Lufttemperatur in den höheren Schichten oberhalb von 4000 *m* Höhe ganz erheblich niedriger, ein Resultat, welches ausschliesslich den verbesserten Beobachtungsapparaten zu danken ist. Temperaturen von —36.5° in 7700 *m*, von —47.9° in 9150 *m* Höhe sind im Luftballon überhaupt noch nicht beobachtet worden. Ebenso wenig hatte man bisher Kunde von einer in 16300 *m* Höhe herrschenden Temperatur von —53°, sowie von einer solchen in 18500 *m* Höhe von —67°; trotzdem erscheinen die beiden letzteren Werte noch als zu hohe, wie voraussichtlich die nächsten Auffahrten der Registrierballons beweisen werden.

Im Zusammenhange mit der niedrigeren Temperatur der höheren Atmosphärenschichten fand sich eine grössere Abnahme der Lufttemperatur mit steigender Erhebung, als man bisher annehmen konnte. Besonders wichtig erscheint die Thatsache, dass die ältere Anschauung hinfällig geworden ist, nach welcher diese Abnahme am schnellsten in den unteren Luftschichten, dagegen immer langsamer nach oben hin stattfindet. Vielmehr hat sich, je nach der Jahres-

[1]) Zeitschrift für Luftschiffahrt 1895. Heft 4.

zeit, eine gleichmässige oder auch eine allgemein gesteigerte Temperaturabnahme mit der Höhe ergeben.

Die vorstehend genannte wichtige Erscheinung scheint mit einer relativ starken Erwärmung der Luftschichten zwischen 2000 bis 4000 *m* Höhe zusammenzuhängen. Es dürfte sich herausstellen, dass diese Erwärmung ursächlich verknüpft ist mit der vornehmlich in diesen Schichten auftretenden Kondensation des Wasserdampfes zu Wolken und Niederschlägen.

Ferner hat sich ergeben, dass die jahreszeitliche Änderung der Lufttemperatur zwar infolge von Witterungstörungen bis in beträchtliche Höhen hinaufreicht, dann aber ziemlich rasch verschwindet, um in der Höhe von etwa 7000 *m* einer nahezu konstanten Temperatur Platz zu machen.

Auch in der freien Atmosphäre scheint bis zu 1000 *m* und mehr Höhe eine Temperaturumkehr während des Winters und in der Nacht eine regelmässige Erscheinung zu sein. Völlig neu ist die Beobachtung, dass sich eine beträchtliche Temperaturumkehr nicht selten in sehr hochliegenden Schichten von vielen hundert Metern Mächtigkeit einstellte, auch ohne dass eine Schichtung des Luftmeeres durch Wolkenbildung sichtbar wurde. In diesem Falle konnte meist eine Übereinanderlagerung verschieden gerichteter und temperierter Luftströme nachgewiesen werden.«

Die vertikale Temperaturverteilung in der Atmosphäre wurde auf der Fahrt des Ballons »Humboldt« am 14. März 1893 bis zur Höhe von über 6000 *m* bestimmt. Nach dem Berichte von Berson[1]) wurde bis zur grössten Höhe eine bis oben wachsende Temperaturabnahme vorgefunden.

»Es war dieses eine neue, von den Glaisher'schen Feststellungen abweichende Thatsache, und da wir es mit bedeutenden Höhen, bis über 6000 *m* zu thun hatten, wo die Verhältnisse viel stabilerer Natur sind als in den unteren Schichten, so drängte sich also gleich die Annahme auf, dass diese Verteilung kein Ausnahmezustand sein wird — eine Annahme, die durch die folgenden Fahrten durchweg bestätigt worden ist.

Wenn man zunächst ohne alle Abrundung und Zusammenfassung in Gruppen die mittlere Abnahme per 100 *m* betrachtet, so zeigt sich

zwischen Erdoberfläche und 1300 *m* ein Wert, der zwischen 0.3° und 0.4° pro 100 *m* schwankt (Maximum 0.41 bei 900, Minimum 0.27 bei 300);

zwischen Erdoberfläche und 4400 *m* schwankt die mittlere Gesamtabnahme um 0.5° herum (Maximum 0.51, Minimum 0.45, meist 0.48);

zwischen Erdoberfläche und 6100 *m* steigt dieselbe ununterbrochen von 0.52 bis auf 0.59.

---

[1]) Zeitschrift für Luftschiffahrt 1895. p. 196.

Dieser letztere Wert von 0.59 oder rund 0.6 per 100 stellt also die mittlere Abnahme dar in der gesamten durchschnittenen, über 6000 *m* mächtigen Luftschicht. Dies wäre ziemlich genau, ja schon etwas reichlich der mittlere Wert, welchen man bisher allgemein, jedoch nur für die unteren paar Tausend Meter annahm, während man geneigt war, nach oben zu eine rasche Verringerung in dieser Abnahme auf Grund der älteren Ballonfahrten für eine Thatsache zu halten. In dieser Form betrachtet, ist sehr lehrreich, welche mittlere Abnahme man gefunden hätte, falls der Ballon nur bis zu geringeren Höhen vorgedrungen wäre. Dieselbe hätte sich ergeben bei:

einer erreichten Maximalhöhe von 1000 *m* auf 0.36° per 100 *m*
» » » » 2000 » » 0.46 » » »
» » » » 3000 » » 0.48 » » »
» » » » 4000 » » 0.50 » » »
» » » » 5000 » » 0.53 » » »
und ergiebt sich bei der
wirklich erreichten » » 6100 » » 0.59 » » »

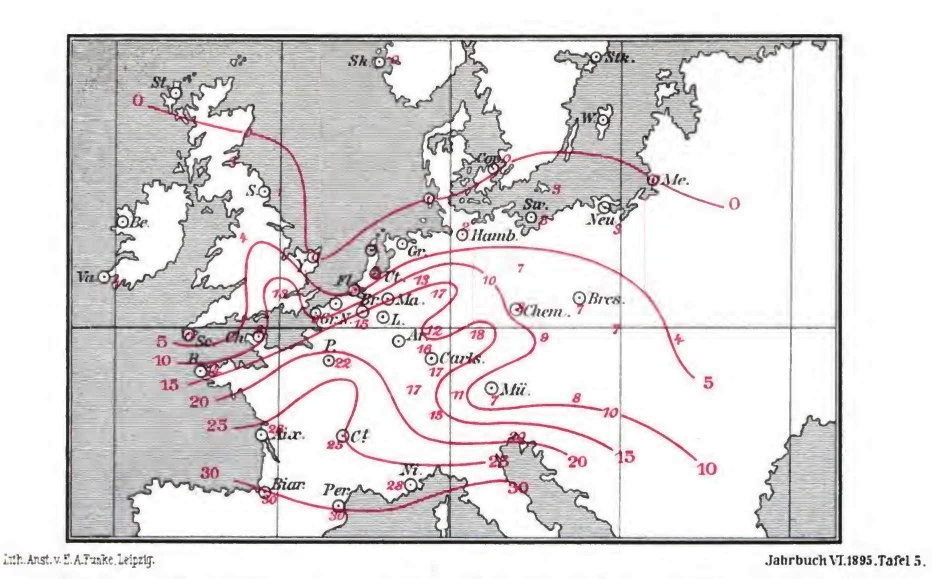
Vergleicht man dieses Ergebnis mit demjenigen vom 1. März 1893, so zeigen sich dort bis 3000 *m* (bei etwas häufigerem Hin- und Herschwanken, während am 14. März das Wachstum der Zahlen nur ein paar Male unterbrochen wird) ähnliche Verhältnisse, wogegen allerdings damals zwischen 3000 und 4300 *m* eine schwache Verringerung eintrat. Aber bei Betrachtung der oben angeführten Zahlen für die sechs Stufen vom 14. März wird man sich bald fragen, ob nicht vielleicht bei weiterem Höhergehen auch am 1. März wieder eine Steigerung in der Abnahme gefunden worden wäre.

Wichtiger, weil mehr in direkter Weise den thatsächlichen Zustand widerspiegelnd, ist die Feststellung der Temperaturänderung innerhalb der einzelnen übereinander lagernden Schichten.

Zunächst seien hier ohne weitere Abrundung, resp. Zusammenfassung die Werte der Temperaturabnahme gegeben, wie sich dieselben per 100 *m* innerhalb aufeinanderfolgender Schichten von grösserer vertikaler Ausdehnung, als sie zwischen zwei Einzelablesungen liegt, findet. Dieselben sind aus der Differenz der einzelnen Ablesungen an der oberen und unteren Grenzfläche der Schichten ermittelt.

Schicht	△ *t* per 100 *m*	Schicht	△ *t* per 100 *m*
35 — 605 *m*	— 0.30	2910 — 3510 *m*	— 0.48
605 — 1270	— 0.35	3510 — 4315	— 0.65
1270 — 1875	— 0.73	4315 — 4740	— 0.92
1875 — 2440	— 0.43	4740 — 5480	— 0.65
2440 — 2910	— 0.68	5480 — 6001	— 1.03

Aus dem immerhin noch unregelmässigen Gange dieser Zahlen tritt deutlich die Thatsache hervor, dass die Temperaturabnahme am langsamsten war unter den Wolken und in deren unterer Hälfte,



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Jahrbuch VI. 1895. Tafel 5.

Vertheilung der Tage mit Temperaturen von 25° C und darüber im September 1895 nach Lancaster.

Ed. H. Mayer's Verlag, Leipzig.

hierauf schnell in dem oberen Teile der eigentlichen dichten Wolkenmasse und langsamer in der obersten, sich auflösenden und schon sehr starke Sonnenstrahlung aufweisenden, nebelartigen Wolkenschicht (in 2135 *m* beträgt die Differenz zwischen Schwarzkugelthermometer und Lufttemperatur bereits 19.1°) — was also durchaus im Einklange steht mit den v. Bezold'schen Vermutungen über die Temperaturverhältnisse in und über der oberen Wolkenschicht, falls man diese Begriffe nicht zu wörtlich und schablonenhaft auffasst. Schon in 1875 *m* findet sich die Notiz: »Wolken werden dünner«, gleich darauf »nebelartig« und in 2300 *m* »Sonnenscheibe schimmert durch«, so dass also hier die Schicht des oberen, in Auflösung begriffenen Nebels als übererwärmt gelten kann. Eine eigentliche Temperaturumkehr findet sich bei dieser Fahrt allerdings — abgesehen von einem Falle im unteren Teile der Wolkenmasse — nur schwach angedeutet in der Schicht zwischen 2500 und 2700 *m* — also doch dicht über der Gesamtwolkenmasse — sie beträgt 0.2°, und der Gradient der Zunahme nur 0.13 pro 100 *m*. Die meisten später ausgeführten Fahrten durch und über geschlossene Wolkenschichten haben einen viel grelleren, unvermittelten Gegensatz zwischen schneller Abnahme in dem obersten Wolkenteile und starker, oft viele Grade betragender Inversion unmittelbar darüber ergeben.

In der fast wolkenfreien Atmosphäre über der geschlossenen Schicht zeigt sich dann eine erhebliche Steigerung der Temperaturabnahme auf über 0.6 in der mittleren Schicht und eine nochmalige auf ca. 0.9 in der hohen Schicht zwischen 4300 und 6000 *m*. In jeder derselben findet sich jedoch ein mittlerer Teil mit beträchtlichem Zurückgehen des vertikalen Temperaturgradienten, um 0.2° bis 0.3° per 100 *m*. Diese Störungen — welche übrigens bei Ausgleichung der Beobachtungen durch Zusammenfassung je mehrerer nahe bei einander liegender in eine fast verschwinden — hängen offenbar zusammen mit dem Auftreten der altostrati, bezw. unteren cirrostrati um den Ballon, der »Eisnadeln«. Bei näherem Zusehen findet man, dass auch hier die Verringerung der Abnahme (auf 0.48, resp. 0.65) eintritt bei der Annäherung an, und im unteren Teile der, wenn auch nur dünnen, Wolkenschichten und eine starke Beschleunigung derselben im oberen Teile der Wolken sowie in der freien Atmosphäre oberhalb der Wolkenschleier, wenn man von der unmittelbar über den Nebelmassen lagernden Luft absieht. Es zeigt sich also auch hier Übereinstimmung mit dem theoretisch Erwarteten.

Betrachtet man die Temperaturabnahme, wie sie sich darstellt, wenn man die ganzen durchschnittenen Schichten nach natürlichen Grenzen in vier Teile zerlegt, so ergiebt sich folgendes interessante Bild:

Mittlere Temperaturabnahme pro 100 *m*.

I. Erdoberfläche bis obere Wolkengrenze (2440 *m*) . .	0.48°
a) untere Hälfte der Wolken (bis ca. 1250 *m*) . .	0.33
b) obere » » » . .	0.59

II. Über den geschlossenen Wolken 0.72
a) Wolkengrenze bis 4300 *m* 0.60
(untere Hälfte, zugleich Grenze des mittleren, Eisnadelfalles)
b) zwischen 4300 und 6000 *m* . . . . 0.84°

Der Gegensatz zwischen langsamer Abnahme in der unteren und beinahe doppelt so schneller in der oberen Hälfte der Wolken, die grosse Steigerung des vertikalen thermischen Gradienten in den höheren Schichten, wobei wieder deren unterer Teil in dieser Beziehung wegen der Erwärmung durch Reflexion seitens der unterliegenden Wolkenoberfläche und wegen der Bildung ziemlich mächtiger kleiner Wolken innerhalb desselben zurückbleibt, das Auftreten der schnellsten Abnahme in den grössten Höhen, sowie schliesslich das konstante Wachstum derselben treten hier sehr schön heraus.«

Die mittlere Abnahme der Lufttemperatur in den durchschnittenen bis über 6000 *m* reichenden Schichten betrug also ein wenig über 0.6° per 100 *m*; sie fand sich in dieser Grösse in den mittelhohen Schichten zwischen 2300 und 4300 *m*, war in den Wolken darunter geringer und in den grössten Höhen noch sehr erheblich grösser.

15. Luftdruck.

Der tägliche Gang des Barometers an heiteren und trüben Tagen, besonders auf Berggipfeln, ist von Prof. Hann im Anschlusse an frühere Untersuchungen studiert worden[1]).

Aus den Berechnungen von Lamont für München und Nakamura für Hamburg war bekannt, dass der tägliche Gang des Barometers an heiteren und trüben Tagen sich nur durch die Amplitude und Phasenzeit der ganztägigen Druckwelle unterscheide, dass hingegen die halbtägige Welle an heiteren wie an trüben Tagen nahezu unverändert bleibt. Für Bergstationen lag bisher eine ähnliche Untersuchung nicht vor. Bei Gelegenheit einer anderen Arbeit stiess der Verf. auf die Erscheinung, dass die ganztägige Druckwelle auf dem Sonnblickgipfel während der Zeit ganz heiteren und heissen Sommerwetters (1894) sich kaum von dem Mittelwerte entfernte. Dieses nicht erwartete Ergebnis gab die Veranlassung, den Gegenstand einer näheren Untersuchung zu unterziehen.

Prof. Hann berechnet zu diesem Zwecke den täglichen Gang des Barometers an heiteren und trüben Tagen im Sommer für folgende Stationen: Zürich und Säntisgipfel (1893 und 1894), Klagenfurt, Obir (1894, auch Winter 1894/1895), München, Peissenberg, Wendelstein (1892). Es wurden stets die gleichen heiteren und trüben Tage für die Gipfelstation und die Station in der Niederung in Rechnung gezogen. Die kürzlich von Buchan

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1895. p. 152.

mitgeteilten Tabellen des täglichen Barometerganges auf dem Ben Nevis, zu Fort William und Triest an heiteren und trüben Tagen wurden gleichfalls der harmonischen Analyse unterworfen. Ebenso wurden aus den von E. Leyst für Pawlowsk berechneten Stundenmitteln des Luftdruckes an je drei Tagen des höchsten und tiefsten Barometerstandes in jedem Monate die ganztägige und halbtägige Druckwelle abgeleitet.

Das allgemeinste Ergebnis dieser Untersuchung lässt sich kurz so zusammenfassen.

Auf den Berggipfeln wie in der Niederung ist die doppelte tägliche Oszillation des Barometers an heiteren und trüben Tagen die gleiche. Dieselbe bleibt auch in Pawlowsk während anticyklonaler wie cyklonaler Witterung dieselbe.

Der so ganz differente Barometergang an heiteren und trüben Tagen, der namentlich auf Berggipfeln mittlerer Höhe ganz unerwartete Formen annimmt, rührt nur von den Modifikationen her, welchen die ganztägige Druckwelle bei heiterem und trübem Wetter unterliegt, und auf welche sich dann noch auf den Berghöhen eine thermische Druckvariation mit nach der Höhe verschiedenen Amplituden superponiert. Dadurch entstehen die mannigfaltigsten Formen in der direkt zur Beobachtung gelangenden täglichen Barometerschwankung, die aber durch die harmonische Analyse jederzeit leicht auf die zu grunde liegenden Ursachen zurückgeführt werden können. An der Erdoberfläche hat die ganztägige Welle bei heiterem Wetter eine viel grössere Amplitude als bei trübem Wetter und eine ganz verschiedene Phasenzeit. Die Form der ganztägigen Welle ist im Mittel der hier in Betracht gezogenen Stationen in recht übereinstimmender Weise (von den Amplituden abgesehen) gegeben durch:

heiter . . . . $0.48 \sin (353^\circ + x)$
trüb . . . . $0.26 \sin (101^\circ + x)$

Bei heiterem Wetter tritt das Maximum der ganztägigen Welle um $6\,^1/_2{}^h$ morgens ein, bei trübem Wetter dagegen um 11^h nachts.

Fast genau dasselbe Resultat ergeben dem Verf. die von Leyst für Pawlowsk berechneten Stundenmittel des Luftdruckes anticyklonaler und cyklonaler Tage (im Sommer).

Anticyklonen . . $0.37 \sin (323 + x) + 0.07 \sin (116 + 2x)$
Cyklonen . . . . $0.20 \sin (134 + x) + 0.09 \sin (111 + 2x)$

Man findet ganz im allgemeinen an den Küsten wie im Inlande bei heiterem, anticyklonalem Wetter eine ganztägige Druckschwankung mit grosser Amplitude und dem Eintritte des Maximums am Morgen 6 bis 8^h, dagegen bei trüber, cyklonaler Witterung mit kleiner Amplitude und dem Eintritte des Maximums am späten Abende. Auf Berggipfeln superponiert sich dann auf diese ohnehin schon mit der konstant bleibenden, halbtägigen Druckwelle interferierende, ganztägige Welle auch noch eine thermische Druckwelle, deren Amplitude mit der Höhe zunimmt.

Bildet man den Unterschied des täglichen Barometerganges an heiteren und trüben Tagen, so erweist sich derselbe an den Küsten wie an den Inlandsstationen als gleich und stimmt auch völlig mit jenem zwischen anticyklonaler und cyklonaler Witterung. Bei näherer Betrachtung findet man, dass dieser Unterschied übereinstimmt mit dem Unterschiede im täglichen Barometergange im Inneren des Landes und an der Küste, jenem Unterschiede, der dem Wechsel der Land- und Seewinde entspricht. So finden wir für den Unterschied im täglichen Barometergange:

heiter—trüb = 0.50 sin (330 + x)
Kalkutta—Sandheads[1]) = 0.70 sin (343 + x)

Darauf gründet Prof. Hann den Schluss:

Der Unterschied im täglichen Gange des Barometers an ganz heiteren und ganz trüben Tagen entspricht vollkommen dem Unterschiede zwischen dem täglichen Gange desselben über dem Lande und der angrenzenden See. Es scheint also, dass die Gebiete barometrischer Maxima mit klarem Himmel und grosser täglicher Wärmeschwankung in bezug auf die tägliche Druckschwankung gerade so auf die angrenzenden Gebiete barometrischer Minima mit bedecktem Himmel und kleiner täglicher Wärmeschwankung reagieren, wie die Landflächen auf die benachbarten Wasserflächen. Es wird deshalb zwischen denselben eine gewisse Verminderung der Druckgradienten bei Tag und eine Vergrösserung derselben bei Nacht eintreten. Auf den Berggipfeln von etwa 2500 *m* sind die Unterschiede im täglichen Barometergange bei heiterem und trübem Wetter nahezu schon die umgekehrten von jenen in der Niederung.

Eine spezielle Untersuchung des täglichen Barometerganges in Gebirgsthälern ergab, dass in Bayerisch Zell (276 *m* über München) an den gleichen heiteren Tagen der Unterschied der täglichen Luftdruckoszillation gegen jene in gleicher Höhe über der bayerischen Hochebene (die Druckschwankung in München auf die Höhe von Bayerisch Zell reduziert und die thermische Druckschwankung der Luftschicht von 276 *m* hinzugefügt) sich nur um eine ganztägige Druckwelle von einer Amplitude von $^1/_4$ *mm* mit dem Maximum um $1^1/_2{}^h$ nachts und dem Minimum um $1^1/_2{}^h$ mittags unterscheidet, was einer durch die Berg- und Thalwinde verursachten, periodischen Umlagerung einer Luftschicht von mindestens 3 *m* Mächtigkeit über dem ganzen Thale entsprechen würde.

Schliesslich berechnet Hann aus dem korrespondierenden täglichen Gange des Luftdruckes in der Niederung und auf den Berggipfeln den täglichen Wärmegang bei heiterem und bei trübem Wetter in der freien Luftschicht zwischen denselben. Es ergiebt sich, dass die Phasenzeiten desselben bei heiterem, wie bei trübem Wetter in allen Höhen ziemlich gleich herauskommen, das Minimum

[1]) Mündung des Ganges, Bai von Bengalen. Der Unterschied Kew-Valentia ist im Sommer fast der gleiche.

fällt im Mittel auf $5^1/_2{}^h$ morgens, das Maximum auf $5^1/_2{}^h$ abends. Die Amplituden sind viel kleiner als die an den meteorologischen Stationen direkt beobachteten, z. B. Zürich-Säntis: beobachtete Amplitude 2.2° (Mittel: Juni — September), berechnete kaum 0.8° (bei heiterem Wetter 1.4°, bei trübem bloss 0.4°). Die Amplituden nehmen natürlich mit der Höhe ab. Man erhält für heitere und trübe Tage: München-Peissenberg (Höhendifferenz 470 *m*) 2° heiter, 1° trüb; Peissenberg-Wendelstein (Höhendifferenz 730 *m*) 1.4° heiter, 0.5° trüb; Wendelstein-Säntis (Höhendifferenz 800 *m*) ungefähr 1.1° heiter und 0.4° trüb. Klagenfurt-Obir (Höhendifferenz 1600 *m*) giebt heiter 2.3° und trüb 1.1°. Die Luft erwärmt sich viel stärker in dem windstillen, eingeschlossenen Bergkessel von Kärnthen, als auf der freien, luftigen bayerischen Hochebene. Auch Bayerisch-Zell-Wendelstein (Höhendifferenz 930 *m*) giebt für heiteres Wetter 1.8°; München-Wendelstein dagegen nur 1.6°. Die Luft der Gebirgsthäler unterliegt grösseren täglichen Temperaturvariationen als jene über der Niederung.

Die barometrischen Depressionen Indiens während des Wintermonsuns bilden den Gegenstand einer wichtigen Arbeit von Eliot[1]). W. Köppen giebt davon folgende Analyse[2]):

»Die Windbeobachtungen der Bergstationen im nördlichen Indien zeigen, dass der winterliche Monsun nur bis ca. 1000 *m* Seehöhe hinaufreicht, und dass oberhalb 1200 oder 1500 *m* Seehöhe die vorherrschende Strömung aus W oder SW kommt. Die Cirrusbeobachtungen zeigen über ganz Nordindien ebenfalls eine vorherrschende Bewegung aus W oder WSW. Solche Beobachtungen sind in Kalkutta und Allahabad während 13 Jahren mit Nephoskopen angestellt worden, ferner in Kailang im Pandjab-Himalaya (sechs Jahre) und zu Lahore (ein Jahr) mit freiem Auge.

Bewölkung und Regen während der Wintermonate in Nordindien werden auf p. 545 — 554 eingehend betrachtet; beide nehmen nach N zu, in teilweisem Gegensatze zum Sommer. Eine kurze Skizze über die klimatischen Verhältnisse in Iran und Turan schliesst sich daran, welche interessante Tabellen der Mittelwerte für Bushir, Teheran, Samarkand, Tashkend, Margelan, Quetta und vier indische Orte bringt.

Das erste Anzeichen einer atmosphärischen Störung dieser Klasse ist die Abnahme des Luftdruckes in Beludschistan, Sind, Radjputana oder dem westlichen Pandjab, welche vom Erscheinen oder der Bildung einer flachen Depression in diesen Gegenden oder in Gudjerat gefolgt ist. Diese Depression wandert gewöhnlich nach einer Richtung, die etwas südlich von Ost liegt, und füllt sich entweder im östlichen Indien aus oder tritt nach Birma über. In der Regel wird sie von einer kräftigen Schwankung der Temperatur und

---

1) Indian Meteorolog. Memoirs 4. Part. VIII. Nr. 12.
2) Meteorolog. Zeitschrift. Februar 1895. Litteraturbericht p. 12.

Luftfeuchtigkeit begleitet, die jenen beim Vorübergange der europäischen Depressionen analog sind; bei den Stürmen im SW-Monsun sind dagegen diese Wechsel schwach und nur dem Regenfalle zuzuschreiben. Sowohl diese Änderungen, als der Regen, sind übrigens auch bei den Depressionen des Winters fast nur auf Indien nördlich von der Satpurakette beschränkt und fehlen im Dekan.

In der Mehrzahl der Fälle wird das Erscheinen dieser flachen Depression gefolgt von der Ausbildung kleinerer, aber tieferer Depressionen im nördlichen oder zentralen Pandjab. Diese letzteren sind gewöhnlich stationär und verschwinden noch schneller, als sie entstanden, sobald die südlichere Depression nach Bengalen übertritt. Diese tiefen Depressionen im Norden bezeichnen die vorliegende Arbeit als »sekundäre«, die schneller wandernde südliche als »primäre«. In Europa würden wir viel mehr geneigt sein, die letztere als eine Randbildung der ersteren, als »Teilminimum« anzusehen und zu vermuten, dass die erstere aus dem unbekannten Westen herangezogen sei. Doch wäre es leichtfertig, das Ergebnis einer umfassenden Untersuchung, wie diese, durch eine blosse Vermutung ersetzen zu wollen. Jedenfalls aber stimmen die Verhältnisse darin mit den europäischen überein, dass erstens die Temperatur der Luft in der nördlichen Depression erheblich niedriger ist als in der südlichen, und daher in der ersteren der Druck rascher nach oben abnehmen muss als in der letzteren; in mässiger Höhe schon muss daher die südliche Depression nicht mehr als selbständiges Gebilde, sondern nur als Ausbuchtung der Isobaren jener nördlichen sich darstellen; und zweitens darin, dass die schnelle Fortpflanzung des südlichen Minimums nach Osten und das Liegenbleiben des nördlichen dem Zusammenwirken der gegenseitigen Lage beider und der Temperaturabnahme nach Norden zuzuschreiben ist. Infolge der letzteren ist der Luftdruck schon in 2—3000 *m* Höhe über Zentralasien niedriger als über Indien.

Die Vergleichung synoptischer Karten lässt die Depressionen der kalten Zeit in Indien nicht als Fortsetzung europäischer Minima erkennen; ihr Ursprung muss teils in NW-Indien selbst, teils auf den Plateaus von Persien und Beludschistan gesucht werden.

In der ausgedehnten, aber flachen »primären« Depression ist der Barometerstand gewöhnlich weniger als 5 *mm* unter dem Normalwerte. Die Tiefe der »sekundären« ist sehr verschieden. Ihre Verbindung kann daher sehr mannigfaltige Formen annehmen. Am häufigsten sind beide flach, und zieht sich ein breites Band nahezu gleich niedrigen Druckes durch Radjputana und die Zentralprovinzen, mit stärkeren Gradienten im Norden und Süden. Die Abweichung vom Normalwerte ist auf den Hochstationen nicht geringer — im Verhältnisse zum Barometerstande also grösser — als im Tieflande, die cyklonische Windzirkulation auf ersteren ausgesprochener als im Tieflande, wo sie schwach und unregelmässig ist. Die grössere Windstärke auf den Höhen ist um so charakteristischer, als bei dem

gewöhnlich anticyklonischen Wetter der Trockenzeit in Nordindien die Winde auf den oberen Stationen noch schwächer als im Tieflande zu sein pflegen. Die Abhandlung erklärt daher diese Depressionen für Phänomene, welche weniger den unteren als den mittleren oder den oberen Schichten der Atmosphäre angehören und ihre grösste Entwickelung vermutlich zwischen 3000 und 8000 *m* finden. Dies muss natürlich mit der Temperatur zusammenhängen. Diese Depressionen führen zwar auf der Vorderseite eine kräftige Wärmewelle mit sich, welche namentlich die Nachttemperatur (wohl durch einen feinen Wolkenschleier) erhöht; aber bedeutender ist die Kältewelle, welche ihnen folgt und namentlich auf den Bergen schon während des grösseren Teiles ihrer Herrschaft besteht. Zugleich nimmt nicht nur die absolute, sondern auch die relative Feuchtigkeit so rasch ab, dass man es sich nur durch das Eindringen eines durch Herabsteigen aus der Höhe getrockneten Luftstromes erklären kann.

Die Wolkendecke ist hauptsächlich im nördlichen und östlichen Quadranten vorhanden und erstreckt sich auf der Vorderseite vier- bis achtmal soweit vom Depressionszentrum, wie auf der Rückseite. Die Zunahme ihrer Fläche geschieht vorn allmählich (wie in Europa), ihre Abnahme hinter dem Zentrum fast plötzlich. Besonders stark ist die Wolkenbildung im Himalaya.

Auch der Regenfall ist im wesentlichen auf den Nord- und Ostquadranten beschränkt; tritt im Pandjab eine sekundäre Depression auf, so pflegt er dort weitaus am grössten zu sein. Gelangt eine primäre Depression bis ans Bramaputrathal, so nimmt der Regen in ihr zu. Von besonderer Bedeutung ist aber der ausgedehnte Schneefall im Himalaya und den Gebirgen Afghanistans, der diese Depressionen gewöhnlich begleitet. In Jahren, welche viele solche Cyklonen bringen, fallen im westlichen Himalaya häufig 12 bis 15 *m* Schnee. Diese Schneefälle bedecken zeitweilig alle Gegenden oberhalb 1200 oder 1500 *m* mit Schnee, und diese grosse Ausdehnung der Schneefläche im N und NW dürfte beim Zustandekommen der kalten trockenen Winde eine grosse Rolle spielen.

Die Ausbildung der Depressionen der kalten Jahreszeit schwankt von Jahr zu Jahr in weiten Grenzen. In manchen Jahren treten fast nur flache, nahezu regenlose »primäre« Depressionen auf, in anderen zahlreiche gut entwickelte »sekundäre« Wirbel, welche viel Regen in der Ebene und Schnee im Gebirge bringen. »Primäre« Depressionen, die nördlich von Jakobabad auftreten, sind häufiger im Anfange der kalten Jahreszeit; sie bringen wenig Regen, sind selten von »sekundären« begleitet und verschwinden in weniger als 48 Stunden am Himalaya. Solche, die zwischen Jakobabad und Karatshi auftreten, sind dagegen in mindestens der Hälfte der Fälle von »sekundären« Wirbeln begleitet, ziehen zuerst nach OzS, weiter-

hin nach OSO, erreichen meistens Barma und gehören überwiegend den Monaten Januar bis März an.

Die mittlere Fortpflanzung beträgt bei beiden Kategorien 350 miles per Tag.«

Der jahreszeitliche Luftaustausch zwischen beiden Erdhemisphären. Frühere Untersuchungen von Kleiber und von Tillo über den jahreszeitlichen Luftaustausch zwischen beiden Hemisphären führten zu dem Ergebnisse, dass auf jeder Hemisphäre der auf das Meeresniveau reduzierte Luftdruck im Winter der betreffenden Halbkugel grösser sei als im Sommer. Die Resultate ihrer Untersuchungen waren die folgenden:

Kleiber	Januar	Juli
90°—0° N	761.80	758 82
0°—90° S	756.60	759.58
90° N—90° S	759.20	759.20

v. Tillo	Januar	Juli
90°—50° N	761.1	758.0
50°—30° N	763.8	759.2
30°—0° N	761.0	758.5
0—30° S	758.4	762.1
30—50° S	760.0	760.5
90° N—50° S	760.5	759.9

Die Unterschiede in den Resultaten sind wohl hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass Kleiber seine Werte aus den Karten von Mohn, v. Tillo dagegen aus den neueren Karten von Hann entnommen hatte, und Kleiber ausserdem den Luftdruck von 50° bis 90° S durch Extrapolation ermittelte. Das übereinstimmende Ergebnis beider Forscher aber bleibt, dass auf jeder Halbkugel im Winter ein höherer Luftdruck herrsche als im Sommer. Gegen die Folgerung, dass demnach ein Luftaustausch zwischen beiden Hemisphären stattfinden müsse, haben Angot und Hann geltend gemacht, dass für einen solchen nicht der auf das Meeresniveau reduzierte Luftdruck, sondern die Luftmasse, also der wirklich vorhandene Luftdruck, massgebend sei.

Später hat F. Heiderich eine neue Berechnung des wahren Luftdruckes auf der Erde ausgeführt[1]) und gelangte zu dem Ergebnisse, dass auf der Nordhemisphäre im Januar und Juli fast derselbe Luftdruck herrsche. Diese Rechnung hat nunmehr Otto Baschin revidiert und irrig befunden[2]). Er giebt eine neue Berechnung nach der von Heiderich selbst angewandten Methode, nämlich durch Ausmessen der zwischen zwei Isobaren gelegenen Stücke des Parallelkreises, Multiplikation der einzelnen Längenstrecken mit dem Mittel aus den beiden begrenzenden Isobaren und Division des so erhaltenen Wertes durch die Längenerstreckung des betreffenden Parallelkreises. Die Resultate dieser Ausmessungen sind in der folgenden Tabelle mit den bisher vorliegenden zusammengestellt.

---

[1]) Klein, Jahrbuch 2. p. 329.
[2]) Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 30. p. 368 u. ff.

Mittlerer Barometerstand der Parallelkreise.
(Auf das Meeresniveau reduziert.)

nach:	Januar					Juli				
	Ferrel[1]	Teisserenc de Bort[2]	Derselbe nach d. Karten v. Hann[2]	Heiderich	Baschin	Ferrel[1]	Teisserenc de Bort[2]	Derselbe nach d. Karten v. Hann[2]	Heiderich	Baschin
80° N	760.4		757.7	757.5	757·1	760.6		758.8	759.1	758.8
75°	60.2		58.3		58.3	58.8		58.0		57.9
70°	59.0		60.0	57.3	59.9	58.2		57 5	57.7	57.6
65°	58.8		62.0		62.2	57.6		57.5		57.5
60°	59.7	759 9	60.9	55.8	60.9	57.7	758 3	57.5	57.4	57.5
55°	61.0	61.8	61.5		60.9	58.4	58.6	58.4		57.8
50°	62.1	62.4		55.5	62.3	59.3	59.2		58.7	58.7
45°	63.0	63.4			62.8	60.0	60.0			59 4
40°	63.6	64.5		56.3	63.7	60.4	60.4		59.8	59.9
35°	64.1	65.6			64.8	60.7	60 1			59.6
30°	63.4	65.3		65.0	64.9	60.0	59.6		59.1	59.0
25°	62.0	63.8			64.3	58.8	58.6			58 5
20°	60.6	61.5		62.0	62.7	57.8	57.9		57.9	57.9
15°	59.3	59.5			61.1	57.3	57.2			57.7
10°	58.4	58.4		59.4	59.5	57.4	57.3		58.1	57.9
5° N	58.0	57.9			58.0	57.9	57.9			58.6
0°	57.4	57.7		57.9	58.0	58.6	58.6		59.5	59.4
5° S	57.1	57 6			58.0	59.5	59 6			59.9
10°	57.4	58 3		57.5	57.4	60 8	60 8		60.9	61.1
15°	58.2	58.4			57.2	62.2	62.2			61.7
20°	59.5	59.0		58.0	58.0	63.9	63.3		63.6	63.2
25°	60.8	59.7			59.6	65.6	64.8			64.6
30°	61.3	60.0		61.5	61.5	65.7	64.8		65.4	65.4
35°	60.6	61.2			62.5	64.2	63.6			64.0
40°	59.1	61.9		64.4	62.0	61.9	61.1		60.4	60.3
45°	56.3	57.1			58.8	58 3	57.9			56.5
50° S	52.7	51.0		53.7	53 5	53.7	53.1		55.0	52.5

Baschin weist die Ursache des Fehlers in der Rechnung von Heiderich darin nach, dass dieser in seiner Formel die verschiedenen Temperaturen im Januar und Juli nicht berücksichtigt habe. Er giebt deshalb eine neue Ableitung aus den von ihm (Baschin) berechneten Luftdruckmitteln unter Benutzung der von Spitaler gegebenen Temperaturen und der von Heiderich berechneten mittleren Höhe der einzelnen Parallelkreiszonen für den auf diese mittlere

[1]) Meteorological Researches for the Use of the Coast Pilot. Part I Washington 1877.

[2]) Annales du Bureau Central Météorologique de France. Année 1887, Mémoires, C. 2.

Höhe derselben reduzierten Barometerstand. Zur Gewinnung eines mittleren Wertes für eine Parallelkreiszone von zehn Graden wurden die mittleren Barometerstände, bezw. Temperaturen jedes fünften Parallelkreises mit dessen Länge multipliziert, diese Produkte zweier benachbarter Parallelkreise addiert und mittels Division durch die Summe der Länge beider Parallelkreise der Mittelwert für die zwischen beiden gelegene Fünfgradzone erhalten. Durch Mittelbildung unter Berücksichtigung der verschiedenen Flächengrösse wurden dann auch die mittleren Barometerstände, bezw. Temperaturen für die Zehngradzonen und die grösseren Abteilungen erhalten, welche in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Zone	Barometerstand auf das Meeresniveau reduziert		Temperatur im Meeresniveau		Mittlere Höhe nach Heiderich
	Januar	Juli	Januar	Juli	in *m*
80 — 70 ° N	758.6	758.0	— 28.7	4.6	343
70 — 60 °	61.4	57.5	— 21.4	11.6	349
60 — 50 °	61.3	57 5	— 11.1	16.0	274
50 — 40 °	63.0	59.4	— 1.9	20.9	341
40 — 30 °	64.6	59.5	9.0	25.7	640
30 — 20 °	64.0	58.4	18.2	27.9	279
20 — 10 °	61.1	57.8	23.8	27.6	153
10 — 0 ° N	58.3	58.7	26.1	26.1	142
0 — 10 ° S	57.9	60.0	26.1	24 9	142
10 — 20 °	57.4	61.9	25.7	22.5	204
20 — 30 °	59.6	64.4	24.4	18 0	168
30 — 40 °	62.1	63.5	19 4	12.5	53
40 — 50 ° S	58.5	56.6	12 4	6 6	20
80 — 50 ° N	60.8	57.8			
50 — 30 ° N	63.8	59.5			
30 — 0 ° N	61.1	58.3			
0 — 30 ° S	58.3	62.1			
30 — 50 ° S	60.5	60.3			
80 — 0 ° N	61.8	58.5			
0 — 50 ° S	59.0	61.4			
80 ° N — 50 ° S	60.6	59.8			

Die Luftdruckdifferenzen zwischen Sommer und Winter auf der nördlichen Halbkugel betragen also 1.3 *mm* und sind reell, wenn auch die Differenz der auf das höhere Niveau reduzierten Barometerstände geringer ist, als bei den auf das Meeresniveau reduzierten.

»Durch eine Reduktion des Luftdruckes auf Parallelkreiszonen,« bemerkt schliesslich Baschin, »würde aber die thatsächlich vorhandene Luftdruckverteilung selbstverständlich nur dann richtig wiedergegeben werden, wenn wirklich jede Zone eine gleichmässige Höhe hätte, und der Luftdruck innerhalb der Zone gleichmässig verteilt wäre. Beides ist aber bekanntlich nicht der Fall, und daher geben alle auf derartigen Rechnungen beruhenden Ergebnisse nur angenäherte Werte.

Zu einer endgültigen Entscheidung der Frage würde man kleinere Flächenelemente, etwa Fünfgradfelder, der Rechnung zu grunde legen müssen, und solange das nicht geschehen ist, kann diese Frage auch noch nicht als endgültig gelöst betrachtet werden.«

16. Wolken.

Ausserordentliche Höhe einer Wolke. Prof. Hildebrandsson teilt seine Beobachtungen einer am 24. November 1894 über Upsala gesehenen Wolke mit, die sich nach $4^1/_2{}^h$ als hellleuchtender Wolkenstreifen von nur ein paar Grad Länge und einem halben Grade Breite am vollständig klaren Himmel darstellte. Sie verschwand 4^h 54^m augenblicklich, und es ist daher wahrscheinlich, dass sie eine von der Sonne beleuchtete Wolke war. Nach Dunèr's Berechnung muss dann ihre Höhe 138 *km* gewesen sein. Das stimmt mit der von Mohn für eine über der Nordsee am 19. Dezember 1892 sichtbaren Wolke berechneten Höhe von 132 *km* überein. Über die Natur dieser Wolken, ob sie aus Eisnadeln oder vulkanischen oder kosmischen Stoffen bestehen, lässt sich zur Zeit nichts sagen[1]).

Die Wolkenbildung ist gelegentlich der Luftfahrten des Deutschen Vereines in Berlin genauer studiert worden. Dr. Richard Assmann bemerkt in seinem Berichte über diese Luftfahrten[2]):

»Wenn an den Grenzflächen verschieden gerichteter und temperierter Luftströme Wolkenbildung eintrat, so erfolgte sie in der Form von Wogenwolken, wie dies nach den theoretischen Untersuchungen von v. Helmholtz nicht anders zu erwarten war.

Die Bildung der Haufwolken im Bereiche einer barometrischen Depression reichte wiederholt bis zu ungeahnten Höhen hinauf und liess unter günstigen Bedingungen ganz deutlich die aus theoretischen Voraussetzungen zu schliessende charakteristische Neigung der oberen Wolkengrenze nach dem Rande der Depression zu erkennen.

Die Oberfläche einer geschlossenen Wolkenschicht verhielt sich thermisch und elektrisch in bezug auf die Beeinflussung der darüber liegenden Luftschichten nahezu gleich der Erdoberfläche. Hierdurch wurde eine von v. Bezold zuerst ausgesprochene Vermutung vollauf bestätigt.

Die Bildung und Einteilung der Wolken sowie ihre Beziehung zur Wettergestaltung ist von Clement Ley dargestellt worden[3]). In Anlehnung an die bisherige Einteilung giebt er eine

---

1) Meteorolog. Zeitschrift 1895. p. 72.
2) Zeitschrift f. Luftschiffahrt 1895. Heft 4.
3) Ley, Cloudland. A study on the structure and characters of Clouds. London 1894.

neue Klassifikation der Wolken, wobei 26 Formen unterschieden werden. Prof. Hildebrandsson hat eine kritische Darstellung dieser Ley'schen Einteilung gegeben [1]), deren wesentlicher Inhalt hier folgt.

1. Radiationswolken.

Nebula	Nebel	Neb.	Höhe 15 *m*
Nebula pulverea	Staubnebel	Neb. pulv.	» 920 »
	Nebenform:		
Nebula stillans	Nasser Nebel	Neb. Still.	

Nebula kann entweder in der unteren Hälfte des Luftmeeres ruhen oder einige Meter darüber schweben. Im ersten Falle ist es gewöhnlicher Nebel, im zweiten Stratus der internationalen Klassifikation. Ist der Nebel nass, so wird er Nebula stillans genannt. Die zerrissenen Wolken auf Bergabhängen sollen nicht als Nebula betrachtet werden, denn sie können aus verschiedenen Wolkenformen stammen, und sollen daher nur als Nubes, n, notiert werden.

Nebula pulverea ist keine eigentliche Wolkenform. Der Verfasser bezeichnet damit Staubmassen, die in der Luft suspendiert sind, gewöhnlich trockener Nebel genannt werden oder gewisse Formen von »Haze« und besonders in Abessynien, Wüstenländern, auf Teneriffa u. s. w. wie Wolkenmassen auftreten. Diese sind im durchgehenden Lichte orangegelb, im reflektierten dagegen schmutzig rot oder blaugrau. Sie treten bisweilen abends als dunkle parallele Cirrusbänder im Osten auf.

2. »Interfret«wolken.

Das englische Wort »Interfret« bedeutet hier die Durchmischung an der Grenzfläche zwischen zwei übereinanderfliessenden Luftströmen von verschiedener Temperatur, Feuchtigkeit, Richtung und Geschwindigkeit. Dann »müssen die Luftpartikeln an der Grenzfläche bis zu einem gewissen Abstande davon sich durchmischen (intermingle) und Wirbel, Wellen und Wogen gebildet werden, deren Grösse und Formen von den respektiven Geschwindigkeiten und Richtungen der Strömungen bedingt sind. Wenn nun der obere Strom kälter ist, als der untere, was gewöhnlich der Fall ist, und der untere Wasserdampf nahe der Maximumtension enthält, so wird wahrscheinlich in den Kämmen der Wogen Kondensation eintreten, denn diese Teile des unteren Stromes werden hoch hinauf in den oberen, kälteren Strom gedrängt und werden dadurch abgekühlt. Diesem Prozesse geben wir den Namen »Interfret«. Wenn dagegen der untere Strom kälter ist als der obere, und dieser Wasserdampf nahe der Maximumtension enthält, so tritt die Kondensation in den Thälern anstatt in den Kämmen der Wogen ein. »Reversed Interfret« nennen wir dieses Phänomen. In dieser Weise bekommen wir Wogen von Wolken, die sich am Himmel bilden, entweder in langen parallelen Reihen, in welchem Falle die Strömungen in beinahe gleiche oder in beinahe entgegengesetzte Kompassstriche gerichtet sind, oder, ohne in parallele Linien geordnet zu sein, zerbrochen in kleinere Wogen, Wellen und Wirbel wie eine Krabben-See (»choppy sea«). Im letzteren Falle haben wir unzählige Ballen und Flächen von Wolken, wie sie im schönen, stillen Sommerwetter so oft gesehen werden.«

Die folgenden Formen werden unterschieden:

Nubes Informis	Scud	N. Inf.	Höhe 430 *m*
Stratus Quietus	Ruhige Wolken	Str. Qui.	» 950 »
Stratus Lenticularis	Linsenwolken	Str. Lent.	» 4950 »
Stratus maculosus	Lämmerwolken	Str. Mac.	» 2750 »
Stratus Castellatus	Turmwolken	Str. Cast.	» 6120 »
	Nebenform:		
Stratus Praecipitans	»Plane Shower	Str. Praec.	

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1895 p. 81 u. ff.

Nubes informes oder »scud« ist sehr leicht zu erkennen, besonders, wenn es unter Nimbus oder Cumulo-Nimbus vorkommt. Bisweilen gehen sie in Nebula über, bisweilen können sie mit beginnendem Cumuli, was wir unten als Cumulo-rudimentum bezeichnen, verwechselt werden. Sie sind weder durch Radiation oder durch Inversion verursacht, kommen aber stets vor, wo die Luft in heftigen Strömungen begriffen ist, und werden daher zu dieser Klasse gerechnet, obwohl sie nicht typische »Interfret«-wolken sind.

Stratus Quietus ist typischer Strato-Cumulus der internationalen Klassifikation. Er kommt vor hauptsächlich über anticyklonischem Gebiete und ist eine Nacht- und Winterwolke, besonders über höheren Breiten und über dem hohen Luftdrucke der Wendekreise. Diese Wolken brauchen für ihre Bildung »eine langsame und ausgebreitete herabsinkende Bewegung in der Atmosphäre und eine langsame horizontale Bewegung der Luft über der oberen Fläche der Wolken.« Die vertikale Dicke ist klein, etwa 230 *m*.

Stratus maculosus ist Alto-Cumulus der internationalen Nomenklatur. Es wird gebildet »zwischen zwei Luftschichten, die sich mit verschiedenen, doch nicht allzu verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen«. Diese Wolken variieren sehr in Höhe und Aussehen zwischen Stratus Quietus (Strato-Cumulus) und Cirro-Macula (Cirro-Cumulus). Von den letzteren unterscheiden sie sich hauptsächlich durch schattige Partien. Die Cirro-Macula ist dagegen überall glänzend hell.

Stratus lenticularis wird als eine seltene Form bezeichnet. Es sind runde Wolkenflecke an doppeltkonvexe Linsen erinnernd von ziemlicher Grösse, die sehr hoch schweben. Sie kommen bisweilen vor in den herabsinkenden Strömungen zwischen Cumuli, gewöhnlicher aber »in den höheren Schichten des Luftkreises, wo eine abwärts gerichtete Bewegung vorkommt, diese mag entweder über die Gebiete mit hohem Drucke um die Wendekreise oder über den Anticyklonen im Sommer der höheren Breiten vorkommen; und wir nehmen an, dass diese Wolken gebildet werden, wenn abwärts gerichtete Luftströme entweder eine zunehmende Menge von Staubpartikeln oder Staubpartikeln von niedrigerer Temperatur als die der höher befindlichen begegnen.« — Soweit wir aus der Darstellung und der Zeichnung ersehen können, sind diese Wolken sich auflösende Partien von Alto-Stratus, wenn diese über eine Anticyklone in die absinkenden Strömungen derselben geraten sind.

Stratus Castellatus steht an der Grenze zu der nächsten Abteilung, den Inversions- oder Cumuliformenwolken. Sie schweben sehr hoch und bestehen aus langen Bändern mit cumulusähnlichen Protuberanzen besetzt. Sie kommen vor besonders abends über seichten barometrischen Depressionen (sog. »Gewittersäcke«) und sind gewöhnlich von Gewittern gefolgt. Stratus Castellatus ist eine Wolke, gebildet von ausserordentlicher »Interfret«, wenn die angrenzenden Luftschichten nicht nur mit verschiedenen horizontalen Geschwindigkeiten sich bewegen, sondern auch diese Bewegungen kompliziert werden durch mehr oder weniger verschiedene Richtungen derselben, so dass ein Phänomen von Wogenbildung zu den für Stratus Maculosus charakteristischen einfachen Wirbeln hinzukommt.«

Diese Wolkenform ist im allgemeinen selten, soll aber in gewissen Gegenden von England öfters vorkommen. In Upsala sind diese Wolken sehr selten, auch hier haben wir sie vor herannahenden Gewittern gesehen. Sie werden im allgemeinen, wie Clement Ley selbst anderswo bemerkt, als Cirro-Cumulus betrachtet. Es wäre vielleicht am richtigsten, sie als eine Unterabteilung dieser Wolken zu bezeichnen.

Stratus Praecipitans werden die Formen dieser Abteilung genannt, wenn sie in relativ seltenen Fällen Niederschlag bringen. Schnee aus Stratus Quietus (Str.-Cm.) in geringer Menge ist nicht ungewöhnlich. Nach dem Verfasser soll auch Stratus Maculosus (Al-Cm) bisweilen ein wenig Regen oder Schnee abgeben.

3. Inversionswolken.

Diese Wolken bilden sich durch Kondensation von unten nach aufwärts in aufsteigenden vertikalen Luftströmen. Diese Kondensation beginnt in einer gewissen Höhe, wo die ebenen, horizontalen Grundflächen der Haufenwolken sich befinden. Die freigewordene Wärme trägt dazu bei, die Luftmassen noch höher steigen zu lassen, und die Kondensation fährt fort, bis unser vertikaler Strom Luftschichten antrifft in so grosser Höhe, »dass sie nicht viel von der Radiation der Erdoberfläche affiziert sind, und darum in einem Zustande von ‚stabiles equilibrium‘ sind. Unser aufsteigender Strom muss darum die accelerierende Einwirkung der Kondensation verlieren und ist viel kälter und dichter geworden als die Luft rund herum. Er muss darum auswärts und nach unten fliessen, kühlt die umgebende Luft ab, wodurch Kondensation von oben nach unten stattfindet, so dass Wasserpartikeln wie ein Strom an den Aussenseiten der Wolke herabströmen, bis dieselbe durch die freigewordene Kondensationswärme in einem niedrigeren Niveau zuletzt aufhören muss.« Durch eine Skizze zeigt der Verfasser, wie er sich diesen Vorgang denkt. Im Durchschnitte einer Haufenwolke zeigen lange Pfeiler in der Mitte einen starken aufsteigenden Luftstrom an. Im Gipfel werden sie kleiner, beugen sich auswärts, und an den inneren Rändern gehen sie abwärts, sich den Mammelonen der Oberfläche anschmiegend. — Dieser von Kondensation begleitete, abwärts gerichtete Luftstrom im Inneren der Cumuli scheint sehr unwahrscheinlich. Wer eine solche Wolke beobachtet oder, besser, mit wenigen Minuten Zwischenzeit photographiert, wird sehen, dass die Mammelonen auf der einen Seite aufwachsen und an Grösse zunehmen und nacheinander den höchsten Punkt einnehmen. Dort angelangt, beugen sie sich nach der anderen Seite über und lösen sich sinkend allmählich auf. Im allgemeinen scheinen sie sich auf der gegen die Sonne gerichteten Seite aufzulösen. Obwohl folglich jedes Partikel, solange es nicht verdunstet ist, der Richtung und Geschwindigkeit des Luftstromes, worin es schwebt, genau folgt, so kann die ganze Wolke durch Neubildung auf der einen Seite und Auflösung auf der anderen sich scheinbar langsam in eine andere Richtung verschieben, sogar gegen den Wind Dieses erklärt, wie Luftschiffer in horizontaler Richtung einen Cumulus zu durchsegeln glauben, wenn der Neubildungs- und Zerstörungsprozess gegen den Wind über sie fortschreitet.

Die zu dieser Gruppe gehörenden Formen sind:

Cumulo-rudimentum	Rudiment	Cum. rud.	Höhe 460 *m*
Cumulus	Haufenwolken	Cum.	Basis 1220 » Gipfel 2290 »
Cumulo-Stratus	Amboswolken	Cum. Str.	Basis 1220 » Gipfel 2140 »
Cumulo-Nimbus	Schauerwolken	Cum. Nimb.	Basis 1220 » Gipfel 3060 »
Nimbus	Regenwolken	Nimb.	Basis 430 » Gipfel 6120 »

Nebenformen:

Cumulo-Stratus Mammatus	»Tubercled« Amboswolken	Cum. Str. Mam.
Cumulo-Nimbus Grandineus	Hagelschauer	Cum.Nimb.Grand.
Cumulo-Nimbus Nivosus	Schneeschauer	Cum. Nimb. Niv.
Cumulo-Nimbus Mammatus	Festonierte Schauerwolken	Cum. Nimb. Mam.
Nimbus Grandineus	Hagelwetter	Nimb. Grand.
Nimbus Nivosus	Schneewetter	Nimb. Niv.

Cumulo-rudimentum sind die kleinen unregelmässigen Bälle oder Fetzen, die entweder (morgens) zu Cumuli aufwachsen, oder in welche Cumuli (abends oder durch starke Winde) zerfallen. Der Verfasser ver-

wirft den Namen Fracto-Cumulus, weil dieser nur zerfallende Cumuli bezeichnet. Es will doch scheinen, als bezeichnete Cumulo-rudimentum noch bestimmter nur sich bildende Cumuli, er legt auch offenbar nur auf diese Gewicht in der Beschreibung.

Cumulus ist ganz dasselbe wie in der internationalen Klassifikation.

Cumulo-Nimbus ist ebenfalls, wie in der internationalen Klassifikation, Gewitterwolke. Gipfel der Cumuli türmen sich hoch empor und fliessen aus oder umgeben sich mit cirrösen Fäden, wahrscheinlich aus Eisnadeln bestehend. Cl. Ley betrachtet die Bildung dieser Eisnadeln als Ursache des Niederschlages. Die elektrische Ladung der Wasserpartikel der Wolke hält sie auseinander, sobald sich aber am Gipfel Eisnadeln bilden, strömt eine Menge von Elektrizität durch dieselben aus. Die entladenen Wasserpartikel stürzen zusammen, bilden Tropfen und fallen herunter. Wenn ein Blitz die Wolken entladet, so kommt daher unmittelbar nach dem Blitze ein Schauer.

Cumulo-Stratus ist eine Zwischenform zwischen Cumulus und Cumulo-Nimbus. Wenn wir die untere Hälfte eines Cumulus Kondensationsebene nennen, so können wir die Höhe, in welcher der »Inversionsprozess« beendigt, Ausflussebene nennen. Wenn in dieser Höhe ein »Interfret«prozess vorgeht, so breitet sich der Gipfel aus und geht in Wolkenschichten vom »Interfret«typus über oder schmilzt mit schon befindlichen Wolken dieses Typus zusammen. Sie entstehen auch, wenn Cumuli vom Lande über Wasser hinaus treiben. Der aufsteigende Luftstrom wird dann nicht länger von unten gespeist. Die Gipfel fliessen dann ambosförmig aus, und die unteren Partien verschwinden allmählich. Die Cumuli verwandeln sich scheinbar in Strato Cumuli, die sich schnell auflösen.

Nimbus ist Regenwolke, »eine grosse dunkle Wolkenbank ohne deutliche Struktur, 100—50000 englische Quadratmeilen deckend, die regnerisches (dirty) und stürmisches Wetter mitbringt.« Es ist eine zusammengesetzte Wolke; Nubes informis oder Cumulus rudimentum unten und mittelhohe »Interfret«wolken höher oben mischen sich oft so, dass die Köpfe der unteren bis in die Schichten der oberen hineindrängen. Kommen noch höhere Inklinationswolken vor, so kommt viel Regen, sonst ist der Nimbus gewöhnlich regenlos. Die grosse Wolkenbank kommt im Inneren der barometrischen Depressionen vor, besonders vor und im Süden vom Zentrum. Nimbus wird im aufsteigenden Strome der Depression gebildet und folglich durch einen Inversionsprozess im grossen Massstabe. — Wenn auch diese Darstellung der Entstehung dieser Form kaum ganz richtig sein kann, so ist das Resultat, Nimbus, ohne Zweifel dasselbe als Nimbus der internationalen Klassifikation. Das Vorkommen von »Interfret« in der Mitte eines aufsteigenden Luftstromes scheint nicht leicht erklärlich. Durch Kondensation in der grossen aufsteigenden Bewegung im Inneren der Depressionen müssen ja weit ausgebreitete formlose Schichten von dicken Wolken sich bilden. Darüber können natürlich sowohl mittelhohe als hohe Wolken vorkommen. Die Richtung und Geschwindigkeit des Windes variiert successive mit der Höhe, und verschiedene Ströme, scharf gegeneinander abgegrenzt, sind im Inneren der Depressionen wohl selten. Dagegen kommen sie oft vor, wo der höhere Strom einer Depression über die unteren Winde der benachbarten Anticyklonen fliesst.

Von den Nebenformen sind die mit dem Beinamen Mammatus versehenen die interessantesten. In Orkneys und Shettland werden sie »pocks« genannt. Diese bucklige oder festonierte Fläche der Cumulo-Stratus oder Cumulo-Nimbi erklärt Cl. Ley durch »reversed interfret«, wenn also unter einer ausgebildeten Wolke dieser Form ein kälterer und trockener Strom streicht. Da diese Formen seltener sind, so verweisen wir übrigens auf das Original.

Cumulo-Nimbus Grandineus und Nivosus sind nur Benennungen von Hagel und Schnee in Schauern, wie Nimbus Grandineus und Nivosus anhaltendes Hagel- oder Schneewetter bezeichnen.

4. Inklinationswolken.

Wenn in grosser Höhe Wasserdampf zu Eisnadeln verdichtet wird, so beginnen diese durch die kalte, dünne Luft zu fallen. »Wenn das Fallen fortwährt, so gelangen sie durch Ströme, die gradweise wärmer und durch Reibung langsamer sind, bis sie endlich eine Temperatur antreffen, in der sie nicht länger als Eispartikel verbleiben können, sondern zuerst in Wasser und wahrscheinlich fast unmittelbar in Dampf verwandelt werden. Die so gebildete Wolke wird offenbar dem Beobachter eine gekrümmte Form zeigen, denn jeder Teil wird den oberen Teilen, die sich schneller bewegen, nachbleiben.« Diese Form entspricht der eines fallenden Schneeschauers, der von der Seite gesehen wird. Geht der oberste Teil wenig rascher als der unterste, so wird die Krümmung unbedeutend und der Schauer beinahe vertikal, je rascher aber der oberste Teil im Verhältnisse zum untersten sich bewegt, je mehr wird der Schauer vorwärts geneigt.

Die Formen sind folgende;

Nubes Fulgens	Leuchtende Wolken	N. Fulg.	Höhe	91800 *m*
Cirrus	Federwolken	Cir.	»	7650 »
Cirro-filum	Gossamer »Faden«-Wolken	Cir. fil.	»	9180 »
Cirro-velum	Schleierwolken	Cir. vil.	»	7950 »
Cirro-macula	Fleckenwolken	Cir. mac.	»	7038 »

Nebenform:

Cirro-velum-mammatum — Draperierte Schleierwolken.

Nubes Fulgens sind die leuchtenden Nachtwolken, die »Silbernen Wolken«, folglich keine eigentlichen Wolken. Warum eine andere Höhe als die von Dr. Jesse gefundene angegeben ist, wird ebensowenig hier angegeben, als für alle übrigen Formen, deren Höhenangaben von allen bekannten Messungen mehr oder weniger verschieden sind.

Cirrus, Cirro-velum und Cirro-macula scheinen den Formen der internationalen Klassifikation Cirrus, Cirro-Stratus und Cirro-Cumulus ganz zu entsprechen.

Cirro-filum ist eine dünne, weisse, sehr hohe Wolkenform, die wie feine, seidene Bänder aussieht, die gewöhnlich parallel laufen. Sie sind bisweilen gefiedert, und wenn die Enden sichtbar sind, so sind sie wie Locken gekrümmt. Es sind, was sonst Radiierende Cirri genannt wird. Eben diese Form scheint gegen die Annahme einer »Inklination« als Ursache der Wolke zu sprechen. Wenn die Wolken, was öfters geschieht, den ganzen Himmel überspannen, so sind, bei einer Höhe von 9—10000 *m*, mehrere hundert Kilometer in Länge sichtbar, und die Neigung gegen den Horizont muss dann äusserst gering sein. — Die Lage der Radiationspunkte ist nach dem Verfasser von grosser Bedeutung. Besonders ist die Lage NW—SO gewöhnlich an der Rückseite einer Depression, ein Zeichen, dass eine neue Depression unmittelbar folgt.

Cirro-velum Mammatum wird, wie die ähnlichen Bildungen der niedrigen Wolken, durch »reversed Interfret« erklärt.

Machen wir nun eine Zusammenstellung mit der internationalen Klassifikation, so erhalten wir folgendes:

Clement Ley	International
Nebula	Stratus
Stratus Quietus	Strato-Cumulus
Stratus Maculosus	Alto-Cumulus
Cirro-Macula	Cirro-Cumulus
Nimbus	Nimbus
———	Alto-Stratus
Cirro-velum	Cirro-Stratus
Cumulus	Cumulus
Cumulo-Nimbus	Cumulo-Nimbus
Cirrus	Cirrus

Jede der zehn Formen der internationalen Klassifikation hat folglich eine entsprechende Form in der Klassifikation Ley's mit Ausnahme von Alto-Stratus. Die Nimbi sind aber nicht bei ihm einfach, sondern »a truly composite cloud«, die von unteren und höheren Wolken, also wohl hauptsächlich von unseren Nimbus und (gewöhnlich) Alto-Stratus zusammengesetzt. In Stratus lenticularis haben wir wahrscheinlich Fragmente von Alto-Stratus.

In der internationalen Klassifikation sind als Nebenformen aufgenommen: Nubes informis, Fracto Nimbus = »Scud«, Cumulo rudimentum = Fracto Cumulus (obwohl die erste Benennung, wie gesagt, die entstehenden, letztere die zerfallenden Formen bezeichnet), Cirro-filum = Radiierende Cirri und endlich die Formen mit dem Beinamen Mammatus.

Sehen wir also von den Formen Nebula Pulverea = Staubwolken und Nubes Fulgens = Silberne Wolken, die nicht zu den eigentlichen Wolken gehören, und ebenso von den Nebenformen Stillans, Grandineus und Nivosus, die nur das Fallen von Niederschlag angeben, ab, so giebt es nur zwei Formen, Stratus Castellatus und Cumulo-Stratus, die nicht in der internationalen Klassifikation vorkommen. Die erste Form ist im grossen und ganzen sehr selten, ist aber gewiss sehr interessant, und die zweite ist nur die höchste Entwickelungsstufe von Cumulus, sobald diese nicht in Cumulo-Nimbus übergehen. Es scheint daher kaum richtig, dieselben als Hauptformen aufzuführen.«

17. Luftfeuchtigkeit und Niederschläge.

Die Luftfeuchtigkeit auf dem Sonnblickgipfel auf Grund einjähriger Registrierungen hat Prof. Hann untersucht[1]). Es ist das erste Mal, dass von einem hohen Berggipfel vollständige, ein ganzes Jahr umfassende Registrierungen der Luftfeuchtigkeit einer Untersuchung unterzogen werden konnten, ja, dass überhaupt verlässliche, auch den Winter umfassende Mittel der Luftfeuchtigkeit aus Regionen über der Schneegrenze erhalten worden sind. Das Psychrometer erweist sich in solchen Höhen, wo die Temperatur nur in wenigen Monaten den Gefrierpunkt überschreitet, als ein wenig verlässliches Instrument zu regelmässigen Feuchtigkeitsbestimmungen.

Die Abhandlung beschäftigt sich im ersten Teile mit dem jährlichen Gange der relativen und absoluten Luftfeuchtigkeit. Erstere ist im Winter am kleinsten (Januar 71 %), im Sommer am grössten (Juni 87 %), umgekehrt wie in der Niederung. Die unregelmässigen täglichen Schwankungen der Feuchtigkeit sind im Winter sehr gross (mittlere tägliche Schwankung 26 %, mittleres Monatsminimum Oktober bis Februar 25 %), der Sommer hat hohe und sehr gleichmässige Feuchtigkeit.

Im zweiten Teile der Abhandlung wird der tägliche Gang der relativen Feuchtigkeit und des Dampfdruckes in sehr eingehender Weise untersucht. Im Winter tritt das Minimum der relativen Feuchtigkeit in der Nacht und am frühen Morgen ein, das Maximum bald nach Mittag; die Amplitude der täglichen Variation ist aber sehr klein. In den übrigen drei Jahreszeiten stellt sich die

[1]) Neuer akad. Anzeiger 1895. p. 82.

grösste relative Lufttrockenheit im Laufe des Tages am Vormittage zwischen 9^h und 10^h ein, das Maximum fällt auf die späteren Abendstunden. Der Dampfdruck hat das ganze Jahr hindurch sein Minimum am frühen Morgen 5^h bis 6^h a. m., das Maximum am Nachmittage, im Winter 1^h bis 2^h p., sonst 3^h bis 4^h p. Die für einzelne Sommermonate vorliegenden Aufzeichnungen der Feuchtigkeit von hohen Berggipfeln (Grands Mulets 3010 *m*, Ontake, Japan, 3055 *m*, Faulhorn 2670 *m*) zeigen eine grosse Übereinstimmung mit dem für die gleiche Jahreszeit für den Sonnblick gefundenen täglichen Gange. Von 4^h a. m. bis 1^h p. m. ist im allgemeinen die relative Feuchtigkeit unter dem Mittel (Minimum 9^h a. m.), im übrigen Teile des Tages über dem Mittel mit einem Maximum um 6^h p. m.

Durch die spezielle Untersuchung des täglichen Ganges der meteorologischen Elemente während einer Periode heiteren, heissen Sommerwetters, wo der tägliche Gang der Feuchtigkeit sehr ausgeprägt auftritt, wird gezeigt, dass die Feuchtigkeit schon am frühen Morgen vor Sonnenaufgang unter das Tagesmittel hinabsinkt, dass also nicht die Insolation und Erwärmung des Berges die Hauptursache des Vormittagsminimums sein kann, dieselbe vielmehr in einer niedersinkenden Luftbewegung gesucht werden muss, welche absolute, wie relative Trockenheit bringt, während umgekehrt gegen Abend die aufsteigende Luftbewegung gleichzeitig den Dampfdruck wie die relative Feuchtigkeit steigert.

Der dritte Abschnitt der Abhandlung beschäftigt sich mit der Untersuchung der Perioden grosser Lufttrockenheit, die öfters, namentlich im Winter, zuweilen sprungweise eintreten. Die auffallendste derartige Trockenperiode war die zu Anfang Dezember 1893. Das 24 stündige Tagesmittel der Feuchtigkeit vom 6. und 7. Dezember war nur 15 %.

Von den 61 Tagen, an denen die Luftfeuchtigkeit wenigstens bis 50 % herabging, entfällt mehr als die Hälfte auf den Winter, die wenigsten zählt der Sommer. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines solchen trockenen Tages ist im Winter 0.37, im Frühlinge 0.11, im Sommer kaum 0.05, im Herbste wieder 0.16.

Die nähere Untersuchung ergiebt, dass diese trockenen Tage mit hohem Barometerstande eintreten das ganze Jahr hindurch, d. h. in den Gebieten barometrischer Maxima. Sie sind mit einer Temperaturzunahme verbunden, und der Dampfdruck nimmt gleichzeitig sehr stark ab; es kann also kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass die Ursache dieser Trockenheit eine herabsinkende Luftbewegung ist. Die 61 trockenen Tage hatten eine mittlere Temperaturabweichung von $+2.5^0$ und eine mittlere Luftdruckabweichung von $+4$ *mm*. Da es diese trockenen Tage sind, welche hauptsächlich den täglichen Gang der Feuchtigkeit auf dem Sonnblickgipfel bestimmen, so wird derselbe für Winter, Frühling, Herbst und Sommer spezieller untersucht. Der tägliche Gang ist fast ganz

übereinstimmend mit jenem im allgemeinen Mittel, nur sind die Amplituden der täglichen Variation viel grösser. Im Winter ist das nächtliche Minimum an den trockenen Tagen sehr stark ausgeprägt (11^h p. m. Abweichung —2 %), ein sekundäres Minimum tritt daneben vormittags um 9 und 10^h ein. Um 4^h nachmittags ist auch an den trockenen Tagen die Feuchtigkeit am grössten (Abweichung +2.3 %). Von Frühling bis Herbst tritt das Maximum erst um 6^h bis 7^h abends auf, aber doch viel früher als im allgemeinen Mittel. Die Nacht- und ersten Morgenstunden sind an trockenen Tagen auch relativ viel trockener als im Mittel aller Tage, worin man wohl auch die Wirkung niedersinkender Luftbewegung erkennen darf.

Die Verteilung der Luftfeuchtigkeit in Russland auf Grund der Beobachtungen von 1871—1890 ist von Kaminskij dargestellt worden[1]. In dieser grossen und mustergiltigen Arbeit werden zunächst die an den russischen Stationen benutzten Instrumente, ihre Aufstellung und die Genauigkeit ihrer Angaben untersucht, sowie das Beobachtungsmaterial als solches kritisch beleuchtet. Dann wird der jährliche Gang der Feuchtigkeit an 227 Stationen abgeleitet, und werden die Monats- und Jahresmittel der absoluten und der relativen Feuchtigkeit in Tabellen vorgeführt. Die kartographische Darstellung bezieht sich auf die Jahreszeiten und auf das Jahr.

Bestimmung des Versickerungskoeffizienten des Bodens. F. M. Stapff hat hierüber eine wertvolle Untersuchung angestellt[2]. Die atmosphärischen Niederschläge verschwinden von der Oberfläche 1. durch Verdunstung und Vegetationsprozesse, 2. durch oberflächlichen Abfluss, 3. durch Versickerung im Boden. Für letztere wird ziemlich willkürlich im Mittel $^1/_3$ des gesamten Niederschlages angenommen. Stapff macht zunächst auf das Unzulässige dieser Annahme aufmerksam.

Aus den von Lueger mitgeteilten Daten ergiebt sich, dass das Verhältnis zwischen der in einem Gebiete von bestimmter Beschaffenheit und Grösse flüssig bleibenden Bodeninfiltration und der Regenmenge in Frankreich, der Schweiz, Deutschland zwischen 0.043 (Schwarzwald, Becker) und 0.50 (Sorgue bei Vaucluse, Débauve) schwankt. Für Schweizer Flussgebiete giebt Lauterburg den Mittelwert 0.221 an, womit Iszkowski's Berechnung von 0.236 für die Rhône (bis Saône) und 0.209 für den Rhein (oberhalb Bodensee) in Einklang steht. Nach demselben sind die resp. Koeffizienten für das Gebiet der Memel (Tilsit) 0.161, Weser (Bremen) 0.169, Weichsel (Mündung) 0.171, Donau (Wien) 0.173, Oder (Warthemündung) 0.190, Elbe (Altenzaun) 0.200, Garonne (Toulouse) 0.166,

[1]) Repertorium f. Meteorologie. 6. Suppl.-Bd. Petersburg 1894.
[2]) Zeitschrift f. prakt. Geologie 1895. p. 194 u. ff.

Seine (Mantes) 0.187, Loire (Tours) 0.266. Erheblich kleiner als diese aus dem Niedrigststande der Flüsse abgeleiteten Zahlen fallen die aus der Quellergiebigkeit berechneten aus, nämlich für Schwarzwald 0.043 (Becker), Odenwald 0.053 (derselbe), Frankreich 0.085 (Paramelle), Gotthard 0.075 (Stapff), und Fälle, in denen $^1/_8$, $^1/_2$ oder mehr des Regenwassers versickert, um in Quellen wieder hervorzutreten (Sorgue bei Vaucluse), dürften nur sehr vereinzelt in spalten- und höhlenreichen Kalkgebirgen vorkommen. Aus den von Th. Verstraeten in Proc. verbaux de la Soc. Belge de géologie 1894 p. 141 u. ff. mitgeteilten Ziffern folgt für Kohlenkalkstein ein Versickerungsquotient von 33 % (Hoyoux) und 28 % (Bocq), bei Zugrundelegung der Niederschläge von Bruxelles.

Der Versickerungskoeffizient, dessen Kenntnis für die Beurteilung des Wasserregimes der Flüsse, für die Land- und Forstwirtschaft, besonders aber für Quell- und Grundwasserfragen (Wasserversorgung, Wasserlosung) von praktischer Bedeutung ist, muss also von Fall zu Fall bestimmt werden. Erlauben es die Umstände, den mittleren Abfluss des Grundwassers und sämtlicher Quellen eines natürlich abgeschlossenen Sammelgebietes einerseits, das mittlere Niederschlagsquantum auf dasselbe Gebiet anderseits zu messen, so ergiebt sich das Verhältnis beider, d. i. der Versickerungskoeffizient, ohne weiteres. Dies direkte Verfahren lässt sich aber nur selten anwenden; Verf. hat danach beispielsweise ermittelt, dass von dem Gesamtniederschlage auf das Sammelgebiet der vom Gotthardtunnel verschluckten Quellen bei Airolo 15 % der Verdunstung und Vegetation, 7.5 % der Quellenbildung anheimfielen, und 77.5 % oberflächlich abflossen.

Stapff entwickelt nun eine Methode zur Bestimmung des Versickerungskoeffizienten, die von der Voraussetzung ausgeht, dass die temporäre, bekannte Wasserführung des Abflusskanales eines Sammelgebietes durch einen kurzen, unvermittelt beginnenden und wieder endenden, starken Regenfall um ein gewisses Quantum vermehrt wird, so dass sich ein gut begrenztes Hochwasser bekannter Höhe einstellt, welches den nicht sofort wieder verdunsteten, sondern oberflächlich abgeflossenen Teil des Regenwassers darstellt; während der versickerte Teil desselben in der kurzen Zeit zwischen Beginn des Regens und Ende des Hochwassers den Quell- und Grundwasserabfluss nicht erheblich vermehren konnte. Für den einzelnen Fall lässt sich also das Sickerwasserquantum vom oberflächlichen Abflusse ideell trennen und ein Abflusskoeffizient bilden, welcher das Verhältnis zwischen nur dem oberflächlichen Abflusse und dem Regen ausdrückt. Der mittlere jährliche Abflusskoeffizient des Gebietes ist dagegen aus mittlerer Wasserabfuhr durch den Abzugskanal und mittlerer Niederschlagshöhe gebildet und enthält den Versickerungskoeffizienten. Man kann also zwei Abflusskoeffizienten bilden: den einen inclusive, den anderen exclusive Sickerwasser, und ein Vergleich beider ergiebt den Versickerungskoeffizienten.

Bezüglich der einzelnen Rechnungsvorschriften muss auf das Original verwiesen werden. Zu bemerken ist, dass der so berechnete Versickerungskoeffizient nur für einen bestimmten Witterungs- und Bodenzustand gilt, und man, um einen mittleren Wert zu erhalten, die Bestimmung unter geeigneten Verhältnissen oft wiederholen muss. Dabei ist, wie Stapff selbst hervorhebt, zu berücksichtigen, dass die Methode im Winter, wenn der Boden gefroren und schneebedeckt ist, unanwendbar wird; desgleichen im Frühjahre, solange die Schneeschmelze noch nicht beendet ist. Anderseits ist sie auch während der Vegetationsperiode nur mit Vorbehalt zu verwenden, weil in derselben der Wasserverbrauch der Pflanzen so bedeutend ist, dass er (in Deutschland) mehr als das Doppelte des gleichzeitigen Regens beträgt und zum Teile von aufgespeichertem Grundwasser gedeckt werden muss. Demzufolge würden Versickerungsquotienten, welche nach dieser Methode in der Vegetationsperiode bestimmt werden, nicht nur die Versickerung in sich begreifen, sondern gleichzeitig auch den Wasserverbrauch der Vegetation, d. h. den auf letztere zurückzuführenden Teil der Verdunstung von bereits im Boden aufgespeichertem Sickerwasser. Beim weiteren Verfolgen dieser Frage dürfte es sich sogar als möglich herausstellen, den Anteil der Vegetation am Verdunstungskoeffizienten rechnerisch auszuscheiden, und zwar durch den Vergleich der vor, während und nach der Vegetationsperiode gefundenen Versickerungskoeffizienten.

Behufs Erprobung seiner Methode hat Stapff dieselbe auf Berechnung des Versickerungskoeffizienten für den oberen Teil des Poljengebietes im nördlichen Böhmen angewendet, ein Gebiet, welches noch am besten, wenn auch nicht völlig, den Anforderungen entspricht, welche die Methode verlangt. Auf die Einzelheiten der Berechnung kann hier nicht eingegangen werden; die Hauptergebnisse derselben, in Jahresmitteln zusammengefasst, sind:

Flüssigbleibende Versickerung	0.146
Unmittelbarer oberflächlicher Abfluss und abgeflossenes Schneeschmelzwasser	0.138
Mittelbarer Verbrauch der Vegetation (aus dem Boden zurückgezogen)	0.175
Unmittelbarer Verbrauch der Vegetation (in den Sommermonaten dem fallenden Regen entnommen; aus dem Verluste)	0.070
Der Verdunstung anheimgefallen	0.475
	1.000

Die Verdunstung verzehrt also nahezu die Hälfte der jährlichen Niederschläge.

Das Auftreten gleichzeitiger Regen in St. Petersburg und Pawlowsk ist von B. Kiersnowski untersucht worden[1]). Beide

[1]) Wild, Rep. f. Meteorologie **17.** Nr. 4.

Stationen liegen 30 *km* voneinander entfernt, und der Zeitraum der Beobachtungen beträgt 15 Jahre (1878 bis 1892). Es wurden die (640) Tage ausgezogen, an denen eine der beiden Stationen mindestens 5 *mm* Niederschlag notiert hat. Diese Tage umfassen etwa 22 % aller Tage mit Niederschlag überhaupt und 66 % der gesamten Niederschlagshöhe. Im einzelnen unterschied der Verf. vier Gruppen, nämlich Tage mit a) 20 *mm* und darüber, b) 15 bis 20 *mm*, c) 10 bis 15 *mm*, d) 5 bis 10 *mm* Niederschlag. Es fand sich, dass die Niederschläge um so gleichmässiger im Raume verteilt sind, je schwächer sie sind, im einzelnen aber zeigen die Regenmengen eines Tages an zwei Stationen, die so nahe wie die obigen bei einander liegen, eine sehr grosse Verschiedenheit.

18. Winde und Stürme.

Der Sturm vom 22. Dezember 1894 ist von W. Köppen behandelt worden[1]). Die gesamte zweite Hälfte des Dezember 1894 hatte an den Küsten Mitteleuropas einen ungewöhnlich stürmischen Charakter. Vom 9. bis 13. Dezember hatte ein Hochdruckgebiet ($>$ 770 *mm*) über dem Inneren von Deutschland gelegen. Am 13. trat ihm niedriger Druck ($<$ 740 *mm*) im NW gegenüber, und herrschte zwischen diesen über den Britischen Inseln eine stürmische südwestliche Luftströmung. Plötzliches Steigen des Barometers in Schottland zum 14., dem fast ebenso rasches Fallen folgte, deutete den Vorübergang einzelner Wirbel in dem ausgedehnten Niederdruckgebiete auf dem Ozeane an.

Der zweite derselben lag am Morgen des 15. etwa bei den Faröern, ein Ausläufer davon erstreckte sich aber bis nach Nordwestdeutschland. Am Abende hatte dieser, ostwärts fortschreitend, ziemliche Selbständigkeit gewonnen; sein Mittelpunkt lag nun bei Thorn, war aber am folgenden Morgen kaum noch in Littauen kenntlich. Abermals erschien nun in NW ein grosser Wirbel, und wiederum traten stürmische Südwest- und Westwinde auf den Britischen Inseln ein. Nach SSO fortschreitend, kam dieser Wirbel direkt auf Deutschland zu; aber gleichzeitig nahm seine Stärke so ab, dass er am 20. Dezember, als sein Mittelpunkt die Küste erreichte, nur auf seiner Westseite frische, sonst nur schwache Winde enthielt und am folgenden Tage sich in Ostdeutschland gänzlich ausfüllte. Von der Bai von Biscaya bis nach Russland zeigte sich am Morgen des 21. der Luftdruck gestiegen, während im NW, besonders in Norwegen, rasches Fallen des Barometers eingesetzt hatte. Beides deutete auf die Annäherung einer tiefen Depression auf dem Ozeane hin. Doch konnte die Wetterlage noch nicht direkten Anlass zur Besorgnis geben, bis am Abende des 21. ein Telegramm von Belmullet an der Westküste Irlands SW 8 mit sehr raschem

[1]) Annalen der Hydrographie 1895 März. p. 92 u. ff.

Fallen des Barometers meldete. Am folgenden Morgen war bereits der Sturm so heftig über den Nordwesten der Britischen Insel hereingebrochen, dass die Telegramme aus dem ganzen Norden derselben wegen Störung der oberirdischen Linien ausblieben.

Am Morgen des 22. wurde zu Malin Head an der Nordküste von Irland NW 12, zu Donaghadee WNW 11 notiert, ferner zu Stornoway N 10, Belmullet NW 10, Holyhead W 10, während an der Ostküste von Grossbritannien die Stärke 8 noch nicht überschritten war. Am Abende des 22. dagegen meldete Aberdeen NW 10 und North Foreland W 9, während andere Orte der Ostküste allerdings auch jetzt nur Windstärken 3 bis 8 hatten.

An der deutschen Nordseeküste und am Helder war um 2^h p. der Wind auf Stärke 9 angewachsen, aber noch immer SW. An diesem Abende ging der Sturm auf Borkum um 8^h p., in Keitum und Kiel um 10^h p., in Wilhelmshaven um Mitternacht, in Hamburg um 4^h und in Wustrow um 5^h nachts nördlich von West, und erreichte seine grösste Stärke an den ersten vier Stationen erst nach diesem Umgehen, nämlich auf Borkum und in Wilhelmshaven um 1^h nachts und in Keitum erst um 6^h früh; in Hamburg dagegen hat der Sturm nach 9^h abends nicht mehr zugenommen; hier erreichte er überhaupt nur eine sehr mässige Stärke, die in gar keinem Verhältnisse stand zu den Verwüstungen auf der Nordsee und den Britischen Inseln und zu der Höhe der Sturmflut. Der Sturmwirbel nahm eben während seiner Fortpflanzung nach Osten rasch an Intensität ab, so dass er auf der Ostsee keinen erheblichen Schaden mehr gethan und in der Nacht vom 23. zum 24. sich bis auf einen kaum erkennbaren Rest in Livland aufgelöst hat.

Über den Ursprung des Sturmwirbels konnte Verf. noch nichts Zuverlässiges sagen, da Beobachtungen vom Ozeane im Westen und Nordwesten von Schottland fehlen. Auf der Washingtoner »Pilot Chart« für Januar ist er mit einem Wirbel in Verbindung gebracht, der am 18. Dezember nördlich von Haïti sich zuerst gezeigt und am 21. in 50° nördl. Br. und 31° westl. L. gelegen haben soll; es würde dies die ausserordentliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 1200 Seemeilen in 20 Stunden oder 2666 *km* in 24 Stunden bedingen. Auf der »Pilot Chart« für Februar ist dagegen der Wirbel aus einer Richtung abgeleitet, die etwa zur Südspitze Grönlands weist, und ist er am 21. Februar nach 57° nördl. Br. und 24° westl. L. gelegt.

Verf. zeigt auf synoptischen Kärtchen den Lauf des Wirbels, dessen Zentrum am 22. 8^h abends am östlichsten Punkte der schottischen Ostküste, zwölf Stunden später über Jütland, nach fernern zwölf Stunden zwischen der schwedischen Ostseeküste und dem Wettersee lag, so dass es in weniger als 24 Stunden 970 *km* zurückgelegt hatte. Die stärksten Gradienten fanden sich auch jetzt noch an seiner Südwestseite, hatten sich jedoch bis auf die Hälfte ihrer früheren Grösse vermindert. Der Wirbel verfiel nun rasch,

sein Rest war am 23. abends noch deutlich bei Memel, am 24. morgens aber nur noch als leichte Ausbuchtung der 760 *mm*-Isobare in Westrussland zu erkennen. Diesen Luftdruckverhältnissen entsprechend, war auch die Gewalt des Windes auf den Britischen Inseln eine ganz ausserordentliche, während an den holländischen und deutschen Küsten der Nordsee weniger der Sturm selbst als die Sturmflut zu den historisch denkwürdigen Ereignissen gehört. Von der Nordsee selbst besitzen wir keine Beobachtungen über die Windstärke in diesem Sturme, und nur die traurige Liste der Schiffsverluste beweist, dass sie auch dort eine ungewöhnlich grosse gewesen sein muss. Nach einer Mitteilung von Ch. Harding im »Naut. Mag.« wurde die Windgeschwindigkeit von 20 *m* pro Sekunde in diesem Sturme zuerst um 10^h p. des 21., und zwar in Valencia und Holyhead, überschritten. Am folgenden Morgen aber wehte über einem grossen Teile der Britischen Inseln der Wind in völlig orkanmässigen Böen. Zu Fleetwood, nördlich von Liverpool, war die mittlere Windgeschwindigkeit der Stunde $8^1/_2$ bis $9^1/_2{}^h$ a. 48 *m* pro Sekunde, und während vier aufeinander folgender Stunden über 45 *m* pro Sekunde, was noch nicht vorgekommen ist, seit Anemometer in Grossbritannien aufgestellt sind. In Liverpool stieg die Windgeschwindigkeit in der Stunde $10^1/_2$ bis $11^1/_2{}^h$ auf $40^1/_2$ *m* pro Sekunde, und blieb sie fünf Stunden lang (7^h a. bis 2^h p.) über $33^1/_2$ *m* pro Sekunde. Auf Orkney blieb sie vier Stunden über dieser Grenze und war 37 *m* pro Sekunde um 11^h a. An den übrigen Anemometerstationen auf den Britischen Inseln blieb die stündliche mittlere Geschwindigkeit unter 36 *m* pro Sekunde, doch erreichte sie diese Grösse beinahe zu Alnwick Castle. In einzelnen Stössen war die Windstärke natürlich noch weit grösser, in Holyhead ergab das besonders für die Messung von Windstössen eingerichtete Anemometer in mehreren Böen 67 *m* pro Sekunde. Im Sturme vom 16. bis 20. November 1893 waren die grössten gemessenen Windgeschwindigkeiten 43 *m* pro Sekunde im Mittel einer Stunde auf den Orkneys und $51^1/_2$ *m* pro Sekunde in der stärksten Böe zu Holyhead.

In Südengland, wo der Sturm schwächer war, wurden immerhin sehr schwere Windstösse beobachtet; am meisten bemerkenswert ist einer, der in Greenwich um 6^h a. des 22. (mit 28 Pfund Druck per Quadratfuss) und wenige Minuten früher in Kew aufgezeichnet wurde. Nach den Änderungen in Luftdruck, Temperatur und Wind scheint er identisch mit einer Böe gewesen zu sein, die Falmouth zwei Stunden früher traf und danach fast 200 *km* in der Stunde oder 54 *m* in der Sekunde zurückgelegt haben muss.

Die schwersten Zerstörungen auf festem Lande erfolgten im Norden Irlands und Englands und im Süden Schottlands; der orkanmässige Sturm war glücklicherweise von mässiger räumlicher und zeitlicher Ausdehnung und dadurch auf den Inseln nicht entfernt so verhängnisvoll wie jener vom 16. bis 20. November 1893.

Immerhin sollen nach Zeitungsnachrichten mehrere Hundert Fabrikschornsteine umgeweht, zahlreiche Häuser abgedeckt, Gebäude zusammengestürzt und Tausende von Fensterscheiben eingedrückt sein. In der Irischen See, besonders auf dem Mersey und dessen Umgebung, sind zahllose Schiffsunfälle geschehen, und eine Anzahl von Schiffen verloren gegangen.

Schon während das Minimum über Schottland hinzog, frischte der Wind an der deutschen Nordseeküste auf; er erreichte am 22. auf Borkum um 5^h früh, in Keitum um 6^h, in Wilhelmshaven um 7^h und in Hamburg um 9^h morgens stürmische Stärke. Bis 9^h abends blieb sodann in Hamburg seine Zunahme ungefähr parallel jener in Borkum und Wilhelmshaven; von da an nahm aber die Windgeschwindigkeit in Hamburg ab, während sie an den beiden westlichen Stationen weiter stieg und erst nach Mitternacht auf ihren Höhepunkt stieg. Demgemäss erreichte der Wind in Hamburg bei weitem nicht die Stärke, die er auf Borkum und besonders, den Wirkungen nach zu schliessen, auf der offenen Nordsee hatte. Die grösste in Hamburg als Mittel einer Stunde in diesem Sturme gemessene Windgeschwindigkeit betrug nur 22.4 *m* in der Sekunde und bot nichts Aussergewöhnliches; auch in Wilhelmshaven war sie mit 26 *m* pro Sekunde noch nicht sehr bemerkenswert; auf Borkum wurden jedoch 36 *m* pro Sekunde gemessen, also dieselbe Grösse, wie die höchste Windstärke in Hamburg am 12. Februar 1894. Allerdings ist zu beachten, dass das Anemometer von Borkum auf dem alten Leuchtturme viel höher und freier steht als die der anderen Stationen und im Durchschnitte aller Tage im Verhältnisse von 7 : 5 grössere Windgeschwindigkeiten giebt als das Hamburger. Gerade für die grössten Geschwindigkeiten ist indessen der Unterschied in der Regel geringer.

Ein auffallendes Zeugnis für die Stärke dieses Sturmes bieten die Nachrichten über den Transport von Salzwasserstaub weit ins Land hinein. Eine grosse Anzahl solcher Angaben aus England sind in Symons' »Monthly Meteorological Magazine« vom Januar 1895 gesammelt. Danach wurde am 23. Dezember bis nach Birmingham, Burton, Wakefield und Masham hin, also bis in Entfernungen von 88 bis 105 *km* vom nächsten Punkte der Westküste, an vielen Orten auf allen Gegenständen im Freien eine stark salzhaltige Flüssigkeit gefunden, deren chemische Zusammensetzung ungefähr der des Seewassers entsprach.

Noch merkwürdiger ist die folgende Mitteilung, welche die Seewarte von Prof. Dr. O. Mügge in Münster erhalten hat, da die nächste Küste — jene der Zuyder Zee — nicht weniger als 135 *km* von Münster entfernt ist:

»Nach dem heftigen Sturme von 22. Dezember abends fand ich am Morgen des 23. an meinen (zwei Treppen hoch frei nach Westen gelegenen) Fensterscheiben, die am 22. morgens frisch geputzt waren, eine weissliche Masse, offenbar, nach der Art der An-

häufung, Rückstand der Tropfen des letzten Regenschauers der Nacht. Sie bestand nach näherer Untersuchung aus würfeligen Krystallen und schmeckte salzig. Von etwa 1.7 *qm* Fensterfläche ist das Salz dann mit Löschpapier (rein, für chemische Zwecke), befeuchtet mit destilliertem Wasser, heruntergewischt, das Papier dann ausgelaugt u. s. w. Es sind so ca. $^1/_2$ *g* des Salzes gewonnen; dies enthält nach qualitativer Untersuchung Na, Cl (beide viel), Ca, Mg, SO_4 (alle wenig) und etwas organische Substanz. Die eingetrocknete Lösung lässt deutliche Krystalle von NaCl (viel), Gips, Bittersalz und unbestimmbare, sehr feine Kryställchen (Chlormagnesium ?) erkennen.

Nach weiteren Beobachtungen und Erkundigungen hat sich ein äusserlich ganz ähnlicher »Schmutz« auf den Fenstern auch gezeigt an den Häusern der ganzen Nachbarschaft, ferner u. a. 300 und 800 *m* südlich an der Wohnung von Prof. Ketteler und an unserem Institute, anscheinend auch $1^1/_2$ *km* nordöstlich. Weiteres habe ich bisher nicht erfahren können, die Tagesblätter haben hier keine Notiz darüber gebracht.«

Weit mehr Ausserordentliches noch als die Windstärken boten an der deutschen Nordseeküste die Wasserstände in diesem Sturme. Es ist ein Zeugnis für die ungeheuere Gewalt, die der Sturm am 22. auf der offenen Nordsee besass, dass, trotzdem er zur Zeit der tauben Tiden eintrat und nur kurze Zeit aus der gefährlichsten Richtung von W und NW blies, er doch schon an der holländischen Küste, ungeachtet des geringen Seeraumes, einen gewaltigen Aufstau der See gegen die Küsten veranlasste, so dass an den meisten Orten die Flut die höchste bekannte in diesem Jahrhunderte wurde, höher noch als die berühmten Fluten vom Februar 1825, Neujahr 1855, Januar 1877, Dezember 1883 und auch als jene vom Februar 1889. Dabei wirkte diesmal der Abfluss der Ströme nur wenig mit; an den ganz frei oder in den breiten Seegatten gelegenen Punkten erreichte deshalb die Aufstauung diesmal viel ausserordentlichere Grösse als an den weiter binnenwärts gelegenen. Am Hoek van Holland z. B. waren die höchsten seit 1866 gemessenen Pegelstände über Amsterdamer Null bisher 315 *cm* im Januar 1877 und 300 *cm* im Februar 1889; diesmal aber stieg das Wasser bis 352 *cm*. Dagegen war in Dordrecht und Gorinchem der Wasserstand diesmal um bezw. 1 und 18 *cm* niedriger als 1889, und auch in Rotterdam war er nur um 16 *cm* höher als damals. Aus denselben Gründen bot diese Sturmflut auf Helgoland mehr Ausserordentliches als auf den häufiger heimgesuchten Plätzen an der Elbe. Dass die Verschiebung der Wassermassen auf offenem Meere eine kolossale und die ganze südöstliche Nordsee überfüllt war, zeigen die Nachrichten von Helgoland, wonach der Wasserstand dort seit 1829 nicht so hoch gewesen ist und um 12 *cm* höher war als bei den Sturmfluten von 1855 und 1881, sowie um volle 80 *cm* höher als bei jener vom Februar 1894.

Eine so starke Überfüllung lässt sich nicht durch die Windwirkung am Orte selbst, sondern nur durch die gewaltige Stärke erklären, die der Nordweststurm in der vorausgegangenen Nacht weiter draussen in der offenen Nordsee gehabt hatte.

Der Föhn in Innsbruck. Auf Grund der Beobachtungen von 1870 bis 1894 gelangte Prof. Pernter zu folgenden Ergebnissen[1]: Drückt man die Häufigkeit des Föhn durch die Anzahl der Tage aus, an welchen der Föhn wehte, so entfallen im Durchschnitte der 25 Jahre je 43 Föhntage auf das Jahr, d. h. also, Innsbruck hat während der zwölf Monate des Jahres etwa anderthalb Monate Föhn. Am häufigsten ist der Föhn in den Frühlingsmonaten (fünf bis sechs Tage im Monate), diesen folgen Oktober und November mit vier bis fünf Föhntagen, die Wintermonate weisen durchschnittlich drei Föhntage auf, und in den Sommermonaten, denen sich auch der September anschliesst, stellt sich der Föhn monatlich nur an ein bis zwei Tagen ein. Die Dauer des Föhn beträgt bald nur einen, bald mehrere Tage; die längste Periode war acht Tage. Am häufigsten sind die kürzesten Perioden von ein oder zwei Tagen Dauer, je länger die Periode, desto seltener kommt sie vor. Die längeren Perioden stellen sich fast nur in den Frühlingsmonaten ein. Das Verhalten des Luftdruckes bei Föhn zeigt im Durchschnitte ein Fallen des Barometers vor Föhn und meist auch noch anfänglich während des Föhn; der Luftdruck erreicht den niedrigsten Stand bei Föhn und fängt während desselben auch meist schon an zu steigen, um nach Föhn ziemlich rasch und stark sich zu erheben. Die Temperatur wird bei Föhn durchweg und meist sehr beträchtlich erhöht. Im Durchschnitte aller Föhntage ist die Temperatur der letzteren gegenüber dem Jahresmittel aus den 25 Jahren um 2.9° C. zu hoch. Nach der normalen Temperatur aber, welche Innsbruck ohne Föhn zukäme, haben die Föhntage eine um 5.0° C. zu hohe Temperatur. In den Wintermonaten ist diese Erhöhung durchschnittlich sogar mehr als 8° C. Die Erhöhung der Mitteltemperatur von Innsbruck durch den Einfluss des Föhn beträgt im Jahresmittel 0.6° C., mit Ausschluss der warmen Monate sogar 0.8° C., ersteres entspräche einer Erniedrigung der Seehöhe von Innsbruck um 120 *m* oder einer Verschiebung seiner Lage nach Süden um 100 *km*, der Einfluss ist also ganz bedeutend. Die Feuchtigkeit wird bei Föhn sehr stark herabgedrückt; am stärksten ist diese Herabdrückung am Abende, ziemlich schwach des Morgens, der Föhn ist ein sehr trockener Wind. Die Bewölkung ist bei Föhn im Durchschnitte unter dem allgemeinen Mittel, nämlich 4.9; sie bleibt während des Föhn ziemlich konstant und verwischt gänzlich den normalen täglichen Gang derselben. Vor Föhn nimmt die Bewölkung ziemlich rasch und beträchtlich ab,

[1]) Anz. der k. k. Akad. d. Wissensch. 1895. Nr. 13.

nach Föhn sehr rasch und stark zu, und sehr häufig treten dann — oft recht ergiebige — Niederschläge ein. Diese Niederschläge folgen stets dem Föhne nach, sie fallen niemals während des Föhn. Dennoch sind sie aber keine notwendige Folge des Föhn, da in 25 % aller Fälle überhaupt keine Niederschläge nach Föhn eintraten. Am häufigsten fehlen die Niederschläge nach Föhn im Januar und in den Wintermonaten, im Juli gab es in den letzten 25 Jahren keinen Föhn, dem nicht Regen gefolgt wäre. Der Föhn tritt in Innsbruck sowohl als SW, als S, wie auch als SO auf. Er weht immer mit kürzeren oder längeren Unterbrechungen und stossweise, wie man zu sagen pflegt »herrisch«. Seine Stärke ist sehr verschieden; er tritt eben sowohl als starker Sturm, wie als schwacher Wind auf.

Staubstürme im südlichen Russland.[1]) Der Süden Russlands ist sehr oft von Staubstürmen heimgesucht, welche die oberen Schichten des Erdbodens gänzlich wegtragen und eine wahre Landplage für die betreffenden Gegenden sind. Solche Wirbelstürme wurden besonders im April und August 1892 und im Januar und April 1893 beobachtet. Das Staubtreiben im April 1893 zeichnete sich durch eine ganz besondere Heftigkeit aus, und dank dem ziemlich dichten meteorologischen Netze im südlichen Russland, das A. Klossovsky daselbst errichtet hat, war es möglich, zahlreiche und interessante Beobachtungen über diese Erscheinungen zu machen und ihre Entstehung, sowie verschiedene Eigentümlichkeiten zu studieren. Man hat auch gleichzeitig sowohl eine mikroskopische, als auch chemische Analyse dieses Staubes, welcher den ganzen Westen Russlands wie in einen dichten, trockenen Nebel hüllte, vorgenommen. Im Laufe dieser Periode erneuerten sich die Sandwirbel dreimal; der zweite Windstoss vom 29. und 30. April war am heftigsten. Diese Windstösse entstehen an der Küste des Azow'schen Meeres; sie sind von sehr starken Ostwinden und einer ganz charakteristischen Luftdruckverteilung begleitet: Im Osten von Russland ein Gebiet hohen Druckes, im Süden, in der Gegend des Schwarzen Meeres, eine Depression, welche langsam vorwärtsschreitet. Die Staubwirbel herrschen dann in dem Gebiete an der Grenze des hohen und des niedrigen Druckes. Eine ähnliche Verteilung des Luftdruckes im Winter verursacht gewöhnlich die Stürme auf dem Schwarzen Meere und die Schneeverwehungen auf den Eisenbahnlinien des südwestlichen Russland.

Mehr als 300 sehr eingehende Beschreibungen sind Klossovsky von Beobachtern zugekommen. »Ein trockener und intensiver Ostwind,« lautet eine dieser Beschreibungen, »reisst den Boden auf und wirbelt Massen von Sand und Staub auf; der Sturm heult und braust und stürzt in seiner unglaublichen Heftigkeit alles um, was sich seinem Laufe entgegenstellt. Die Saaten, die durch die Berührung mit der Luft schon gelb geworden, wurden an der Wurzel

[1]) Gaea 1895. p. 694.

wie mit der Sichel abgeschnitten oder selbst die Wurzel mit aus der Erde herausgerissen. Bis zu 18 *cm* Tiefe wurde die Erde weggefegt; die grünen und fruchtbaren Felder waren in eine Wüste verwandelt worden.« Jedesmal bleibt ein etwa 4—5 *km* breiter Erdstrich längs der Küste des Azow'schen Meeres unversehrt, aber je weiter man sich von der Küste entfernt, umso trauriger werden die Verwüstungen. Riesige Staub- und Erdhaufen sind hier und dort aufgeworfen, besonders in den ebenen und weniger exponierten Lagen. Dies war der Charakter der Stürme im Gebiete des Dnjepr, an der Küste des Azow'schen Meeres, im Gouvernement von Jekaterinoslav und zum Teile von Pultawa; weiter im Nordwesten verloren sie ihre charakteristische Eigentümlichkeit, den Erdboden aufzureissen und damit in feinster Staubform die Luft zu imprägnieren; schliesslich waren es nur mehr leichte Staubnebel, welche das ganze westliche Russland gegen Anfang Mai vom 1.— 3. umhüllten. Bis nach St. Petersburg, Finland, Schweden und Dänemark zogen sich dieselben hin.

Eine aufmerksame Untersuchung der Bedingungen dieser Orkane liess deutlich eine gewisse tägliche Periode erkennen. Der Staubnebel erschien gewöhnlich am östlichen Horizonte früh morgens, er erreichte gegen 1 oder 2 Uhr nachmittags seine grösste Intensität und zerstreute sich gegen Abend. Die im Jahre 1893 beobachteten erschienen im Mittel um 7 Uhr 40 Minuten morgens, um 2 Uhr nachmittags erreichten sie ihren Kulminationspunkt und verschwanden um 7 Uhr 10 Minuten abends. An manchen Orten blieb die Erscheinung bis in die Nacht hinein.

Nach einem Beobachter hätte man es bei dem Orkane mit einer Reihe von Wirbelstürmen zu thun, welche in parallelen Gruppen dahinziehen. Dass thatsächlich eine Wirbelbewegung vorhanden war, wird auch von anderen Beobachtern bestätigt und geht auch aus der Thatsache hervor, dass z. B. in dem Distrikte von Melitopol ein Gebiet ganz und gar verwüstet wurde, während ein anderes in der Nähe unversehrt blieb. Nach Barybine in Pultawa liess sich die Bildung von grossen, kegelförmigen Wirbeln besonders längs der Landstrassen im Monate April bemerken, oft bei absoluter Windstille. Sobald sich aber der Wind erhob, liess dieser die Wirbel aufleben und zu riesigen Dimensionen anwachsen.

Der Khamsin im Golfe von Tadjura wurde von L. Cotigny geschildert[1]). Der Eintritt dieses Windes wird gewöhnlich durch Sandhosen angezeigt, welche sich mehr oder weniger schnell von West nach Ost längs dem Rande der Hochebenen bei Obok bewegen. Dann bricht er plötzlich und zuweilen sehr heftig los.

Der Wind ist trocken, glühend heiss und mit Sand beladen. Sobald der Khamsin eintritt, steigt das Thermometer mit äusserster

[1]) Revue maritime et colon. 1894. p. 255. Annalen der Hydrographie 1895. p. 311.

Geschwindigkeit auf 38°, 40° und selbst 45° an Land und bis zu 42° an Bord. Schon von 37° an wird die Temperatur höchst drückend; man glaubt, Feuer zu atmen. Anderseits bleibt die Haut frisch, weil jede Spur von Schweiss abdunstet. Der Unterschied zwischen dem trockenen und feuchten Thermometer steigt in der That von 4° bis 7°, wie er gewöhnlich in Obok ist, auf 10° bis 14° und zuweilen sogar auf 15° oder 16°. Dauert der Khamsin bis in die Nacht hinein, so ist natürlich an Schlaf nicht zu denken. Von dieser Plage, unter der nicht nur Obok selbst leidet, sondern auch auf den dort nur für wenige Stunden anlegenden Schiffen Hitzschläge vorkommen, ist das gegenüber am südlichen Ufer der Bai gelegene Djibuti frei. Die Nord- bis Nordwestwinde, welche in Obok diese extremen Hitzegrade bringen, kommen nach Djibuti übers Meer, und ihre Temperatur ist dort weit erträglicher.

Prof. Köppen bemerkt zu diesem Berichte: »Das stossweise Wehen, der plötzliche Eintritt und die Richtung dieses heissen Windes vom Gebirge her macht es wahrscheinlich, dass wir im Khamsin zu Obok einen lokalen Föhn zu sehen haben. Seine ausserordentliche Trockenheit stimmt zu dieser Annahme, wenn auch die Nähe von Wüsten hier die Trockenheit weniger auffallend macht, als in der Schweiz. Leider ist über die Umgebung und das Hinterland von Obok nicht genug bekannt, um die Entstehung eines solchen Fallwindes genauer erörtern zu können. Südwestlich von Obok bis Ras Duan tritt das dicht bewaldete Gebirge dicht an die Küste heran, nordöstlich davon liegt dagegen ein flaches Vorland zwischen ihm und dem Meere. Diese Berge können indessen, der Br. Administrationskarte Nr. 253 nach zu urteilen, kaum über 300 bis 400 *m* hoch sein; die Luft im Khamsin kann also nicht von ihrem Kamme, sondern muss aus grösserer Höhe stammen. Eine ähnliche plötzliche Temperatursteigerung, wie sie uns diese Diagramme vorführen, finden wir in Baron Nolde's Reise nach Innerarabien aus der Wüste Nefud, auf dem Wege zwischen Djof und Hail, erwähnt; nur sank in diesem Falle die Temperatur fünf Stunden später mindestens ebenso plötzlich herab, während in den von Obok mitgeteilten Beispielen die Abnahme eine viel allmählichere war.«

Orkane an den Küsten von Puerto-Rico. Der Marinekommandant von Puerto-Rico hat eine Publikation über die Wahrzeichen beim Herannahen eines Orkanes erlassen, sowie über die Warnungssignale, die in den Häfen der Insel gezeigt werden, wenn die Annäherung eines dieser Wirbelstürme zu befürchten ist, die besonders auf dieser Insel oft von verheerenden Folgen begleitet sind. Die Publikation ist auf Beobachtungen gegründet, die einen Zeitraum von 300 Jahren umfassen und von der Marinekommandantur

[1]) Hansa 1895. p. 463.

gesammelt sind. Von den Orkanen, welche während dieser Zeit beobachtet und in den Annalen der Marinekommandantur beschrieben worden sind, entfallen 42 auf den Monat Juli, 96 auf August, 80 auf September und 69 auf Oktober.

Erste Anzeichen. Barometer höher als gewöhnlich, frischer und trockener Wind, äusserst klare Luft, Dünung aus der Richtung des herannahenden Sturmes. Bewölkung: Cirruswolken radial von einem Punkte des Horizontes ausgehend, indem ein weisser Bogen die Achse des Sturmes kennzeichnet.

Sichere Zeichen. Das Barometer, dessen mittlere Höhe 764 bis 765 *mm* beträgt, fällt auf ca. 760 *mm* mit weiterer Tendenz zum Fallen. Während das Quecksilber sonst durchschnittlich nur 1 bis 2 *mm* per Stunde fällt, ist die Abnahme des Luftdruckes jetzt eine viel raschere. Die Cirruswolken steigen bis zum Zenith, Ringe um die Sonne oder den Mond sind bemerkbar, die See wird hoch, und ein ungewohntes Steigen des Wassers macht sich in den Häfen bemerkbar. Die Luft ist schwül, drückend und feucht. Beim Untergehen der Sonne zeigt die Luft rötliche und ins Weisse spielende Färbung. Der von ferne herannahende Sturm hat das Ansehen einer gewaltigen Gebirgsmasse, die vom Horizonte ausgeht; das Barometer fällt rascher. Bei einer Abnahme des Druckes um 0.5 *mm* per Stunde ist das Zentrum etwa 300 Meilen entfernt, bei 1—2 *mm* Fall in der Stunde 150 Meilen, bei 2—3 *mm* in der Stunde 75 Meilen. Der Sturm setzt mit auffrischendem Winde, Böen und Staubregen ein.

Umfang und Bewegungsgeschwindigkeit des Orkans. Der Durchmesser der vom Sturme hervorgerufenen Wolkensäule beträgt durchschnittlich 500 Meilen, der des eigentlichen Orkangebietes 300 Meilen oder noch weniger. Die Fortbewegung des Phänomens beträgt durchschnittlich 17 Meilen per Stunde[1]).

Zur Entwickelungsgeschichte der Cyklonen in subtropischen Breiten macht E. Knipping einige Bemerkungen[2]). »Die Ansicht,« sagt er, »dass sich Cyklonen zunächst in der Höhe bilden, rührt ursprünglich wohl daher, dass man oft genug Wind- und Wasserhosen zuerst in der Höhe entstehen sieht. Es lag darum nahe, diese Beobachtung von Windhosen und ähnlichen Gebilden auf Cyklonen zu übertragen, obwohl man sich bei einiger Überlegung sagen musste, dass beide Arten von Erscheinungen trotz einiger Ähnlichkeit doch im Grunde genommen himmelweit voneinander verschieden sind. Hier haben wir eine dünne Scheibe oder Kalotte mit sehr grossem Durchmesser, nicht unter 100 bis 200 Sm., dort einen Schlauch mit ganz kleinem Durchmesser, selten über $^1/_{10}$ Sm.; die Scheibe liegt, der Schlauch steht auf der Erdoberfläche. Ein stufen-

---

[1]) Hansa 1893. p. 364.

[2]) Annalen der Hydrographie 1895. p. 340 u. ff.

weiser Übergang zwischen den beiden Formen fehlt, und wenn man auch eine Windhose mit dem Hundertfachen des gewöhnlichen Durchmessers beobachtete, wäre sie doch noch weit entfernt von dem Masse der kleinsten Cyklone.«

Nachdem jetzt 4½ jährige tägliche Beobachtungen von Naha vorliegen, benutzt Knipping diese, um auch für ein subtropisches Gebiet die Entwickelung von Cyklonen aus flachen Depressionen an der Erdoberfläche (Meeresoberfläche) nachzuweisen.

Naha, auf der grössten der Liukiu-Inseln, Okinawa der Japaner, liegt in 26° nördl. Br., 128° östl. L. Neun Monate im Jahre herrschen Nordostwinde vor, in den drei Sommermonaten Südwinde. Da das ostasiatische Monsungebiet bis über 50° nördl. Br. hinaufreicht, liegt Naha so ziemlich in seiner Mitte, ebenso weit von Formosa entfernt, wie von den grossen japanischen Inseln, etwas weiter noch vom nächsten Festlande, der chinesischen Küste. Die japanische Strömung geht dicht an den Liukiu-Inseln vorbei.

Es ergiebt sich, dass Taifune sich sehr häufig über dem Meere in unmittelbarer Nähe von Südjapan, aber nie über diesem entwickeln. Die Antwort, warum dies der Fall sei, kann nur lauten: Grössere zusammenhängende Landmassen, besonders wenn sie gebirgig sind, verhindern die Entwickelung, indem sie die ungehinderte spiralige Luftbewegung an der Erdoberfläche unmöglich machen. Kleinere, rings vom Meere umgebene Inseln verhalten sich ganz anders wie grössere Landmassen. Hat sich ein ausgedehntes Tiefdruckgebiet über dem Meere gebildet, so wird sich der Kern, die zukünftige Mitte des werdenden Taifuns, am leichtesten dort bilden, wo der aufsteigende Strom am stärksten ist, und bei dem bekannten Unterschiede der Wirkung der Sonnenstrahlung auf Land und Wasser werden kleinere Inseln, worüber der aufsteigende Strom bei Tage viel kräftiger sein muss als über dem Meere, sehr häufig solche Kerne abgeben. Nötig sind solche Inseln nicht, aber wohl günstig. Die Liukiu-Inseln spielen so bei den Taifunen oft dieselbe Rolle, wie die Andamanen bei den Cyklonen im Bengalischen Meerbusen, die Samoa-Inseln, Neuhebriden u. s. w. bei den Orkanen der Südsee es wahrscheinlich thun.

»Wenn sich,« sagt Knipping, »Taifune zuerst in den höheren Schichten entwickelten, bliebe der Einfluss, den die topographischen Verhältnisse unzweifelhaft in den japanischen Meeren ausüben, unverständlich. Wie gross er ist, zeigte sich besonders im Jahre 1886, wo nicht weniger als vier Taifune innerhalb einiger Wochen über ein und denselben Ort in See, 32° nördl. Br., 132° östl. L., hinweggingen. Da auch die Höhe der Taifune nicht beträchtlich sein kann — es folgt dies aus ihrem schnellen Zerfalle über den Gebirgen Japans, deren Höhe man rund zu 2000 *m* annehmen kann —, so bleibt nichts anderes übrig, als die Ansicht von der Entstehung der Cyklonen in der Höhe auch für die subtropischen Gebiete und damit für alle Teile der Erdoberfläche endgültig fallen zu lassen

Für die Praxis ergeben sich aus diesen Beobachtungen und der Thatsache, dass es sich nur um Bewegungen zwischen West über Nord bis Ost handelt, folgende Punkte: Innerhalb des grossen Bogens, den die japanische Strömung beschreibt, wächst die Wahrscheinlichkeit, einen ausgebildeten Taifun anzutreffen, mit der Annäherung an diesen Bogen in den Monaten Juli bis Oktober. Ein tiefer Barometerstand oder langsamer Fall bei Naha deuten die Entwickelung an, eine Schwelle bei tiefem Stande oder langsamem Falle gewöhnlich den Abmarsch eines geschlossenen Teiles des grossen Minimums. Der Schluss der ganzen Periode, die meist zwei Minima umfasst, findet erst bei schnellem Steigen statt.«

Das Sturmwarnungswesen an der deutschen Küste und Vorschläge zur Verbesserung desselben sind von Prof. van Bebber besprochen worden[1]). Bekanntlich herrscht über den Nutzen der staatlichen Sturmwarnungen keine Übereinstimmung der Ansichten. Während von untergeordneter und vielfach nicht unabhängiger Seite das häufige Eintreffen angesagter Stürme rühmend hervorgehoben wird, behaupten seemännische Fachleute, wie Admiral Knorr, Korvettenkapitän Schloepke und andere, dass ein Fall von schwerem Sturme, der von der Sternwarte in Hamburg angemeldet wurde, bevor ihn jeder Wetterkundige voraussah, ihnen nicht bekannt sei, und dass sich gegen diese Sturmwarnungen ein berechtigtes Misstrauen geltend mache u. s. w.[2]). Prof. van Bebber sagt: »An der Seewarte waren in neuester Zeit zahlreiche Bestrebungen dahingerichtet, bei der Prüfung der Wetterprognosen jede Willkür zu entfernen und so eine rationelle Methode zu schaffen, aber auch hier zeigten sich nicht zu entfernende Schwierigkeiten, und die Endergebnisse brachten den wahren Wert der Wettervorhersagungen nicht zum richtigen Ausdrucke; dabei waren die Ergebnisse ganz andere als in der früheren Zeit. Im grossen ganzen ergiebt sich das Resultat, dass Wetterprognosen, welche auf Mondeinfluss u. dergl. begründet sind, die grössten, ja »verblüffende« Erfolge aufweisen, dass diejenigen von Wetterkundigen mit mangelhafter Information durchschnittlich etwa 90 % Treffer erzielen, und endlich, dass die von den mit allen Hilfsmitteln ausgestatteten Instituten bedeutend zurückbleiben. Unter diesen Umständen hielt es denn die Seewarte für richtig, von der Veröffentlichung der Prüfungsresultate bis auf weiteres abzusehen.«

Dies zeigt, dass es mit dem wirklichen Erfolge der Sturmwarnungen nicht weit her ist. Prof. van Bebber macht nun sechs Vorschläge, »um das Sturmwarnungswesen an unserer Küste hervorragend zu fördern«, nämlich:

1. Ausdehnung des wettertelegraphischen Netzes nach Westen hin (auf den Atlantischen Ozean hinaus).

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1895. p. 334.
[2]) Das Wetter 1891. p. 230 u. ff.

2. Beschleunigung des Depeschenverkehrs (Einführung des Circuit-Systems).

3. Häufigere Informationen (Telemeteorographie).

4. Depeschenaustausch zwischen benachbarten Signalstellen.

5. Anbahnung eines besseren Verständnisses der Grundlehren der praktischen Witterungskunde beim Publikum.

6. Herausgabe eines Wetter- oder Sturmatlas und telegraphische Mitteilung analoger Fälle an das Publikum.

Zu Gunsten von Nr. 1 bemerkt er: »Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass die Durchführung des Hoffmeier'schen Projektes, durch telegraphische Verbindung der meteorologischen Stationen der Faröer, Islands und Südgrönlands, sowie anderseits der Azoren und Bermuden mit dem Festlande den Wetterdienst westwärts auf den Atlantischen Ozean zu erweitern, die Erfolge der ausübenden Witterungskunde erheblich erhöhen und sowohl für die Sicherung der Seefahrt als für die Interessen des Binnenlandes von grosser Tragweite sein würde. Dieses System würde umso wirksamer sein, wenn sich daran ein wettertelegraphischer Dienst auf dem östlichen Teile des Nordatlantischen Ozeans, ähnlich wie er in den Vereinigten Staaten für den westlichen Teil dieses Ozeans eingerichtet ist, in der Weise anschlösse, dass die an den europäischen Küsten ankommenden Dampfer, insbesondere die Schnelldampfer, welche den Wirbelstürmen des Ozeans wohl in den meisten Fällen vorauseilen, sofort Wettertelegramme an die Zentralstellen Westeuropas abschickten. Die Vereinigung dieser Telegramme mit denen vom westlichen Teile des Nordatlantischen Ozeans würde uns in Stand setzen, einen wenigstens angenähert richtigen Überblick über den Witterungsverlauf auf dem Ozeane uns zu verschaffen. Bei dieser Einrichtung würden wir nach und nach dahin kommen, den vorherrschenden Witterungscharakter auf mehrere Tage voraus anzugeben, wodurch der Wert der Wettervorhersage in hohem Grade gefördert würde. Ich erinnere hier nur an eine Wetterlage, welche namentlich in unseren Sommern häufig vorkommt, und welche oft wochen-, ja monatelang den Witterungscharakter unserer Gegenden bestimmt. Sehr oft schiebt sich in dieser Jahreszeit ein Hochdruckgebiet vom Ozeane nach den Britischen Inseln vor und erlangt dort eine ungewöhnlich grosse Beständigkeit, während der Luftdruck im Osten verhältnismässig niedrig ist. Dieser Wetterlage sind westliche und nordwestliche Winde eigentümlich, welche vermöge ihres Ursprunges nasskühles Wetter bringen. Verschiebt sich jenes Hochdruckgebiet weiter nach Osten hin über Zentraleuropa, dann ist, abgesehen von Gewittererscheinungen, ruhige, heitere, trockene und warme Witterung entschieden die Regel. Solche, durch ihre Beständigkeit sich auszeichnenden Perioden mit nasskühler oder trockener und heisser Witterung könnten bei zweckmässiger Einrichtung des wettertelegraphischen Systemes jedenfalls mit Erfolg vorhergesagt werden.«

Ob dies der Fall, muss ernstlich bezweifelt werden. Gerade die grossen Umgestaltungen der Wetterlage sind meist so plötzlich, dass sie erst dann von den meteorologischen Instrumenten angezeigt werden, wenn sie wirklich da sind, während umgekehrt über die Dauer eines Hochdruckgebietes sich aus noch so zahlreichen und ausgedehnten telegraphischen Ansichten nichts Sicheres schliessen lässt. Die van Bebber'sche Behauptung ist eine unbewiesene, und ihre Haltlosigkeit lässt sich aus den synoptischen Tageskarten des Nordatlantischen Ozeans evident beweisen. In diesen hat man das denkbar vollständigste Material vor sich, versucht man aber, aus demselben für den nächsten Tag oder gar für zwei Tage eine Prognose in dem Sinne van Bebber's abzuleiten, so wird man sich leicht überzeugen, dass man meist irrt. Der Vorschlag Nr. 4 wird von van Bebber so begründet:

»Es kommt nicht selten vor, dass unvermutete Störungen ganze Küstenstrecken überraschen, ohne dass es möglich ist, diese vor der drohenden Gefahr noch rechtzeitig zu warnen. Um nun die Küste vor solchen unvermuteten Überraschungen wenigstens zum grossen Teile zu schützen, dürfte die folgende Einrichtung dienen. — Der Küstenbevölkerung ist es von grösster Wichtigkeit, zu wissen, wie die Windverhältnisse in der nächsten Umgebung beschaffen sind, um hiernach ihre Dispositionen für ihre Unternehmungen zu treffen. Eine solche Information kann ganz einfach in der Weise bewerkstelligt werden, dass ein Depeschenaustausch zwischen den einzelnen benachbarten Signalstellen stattfindet, und zwar regelmässig zu bestimmten Tagesstunden und bei besonderen Gelegenheiten, etwa bei stark auffrischenden Winden oder bei Eintritt steifer oder stürmischer Winde, bei Änderung der Richtung und des Charakters der Winde und dergleichen. Im letzteren Falle würden Flaggensignale am Platze sein. . .

Denken wir uns beispielsweise, Travemünde erhält von Fehmarn und Warnemünde täglich zwei Wetterdepeschen, eine am Morgen und eine in den Nachmittagsstunden, eventuell auch noch eine am Abende und ausserdem noch Extradepeschen, wenn die Witterungsverhältnisse einen drohenden Charakter annehmen, wobei Travemünde dieselben Leistungen für Fehmarn und Warnemünde, welche beide in derselben Weise wieder mit Nachbarstationen verbunden sind, übernehmen würde. Auf diese Weise dürfte bei zweckmässigster Einrichtung eine Überraschung durch Sturm äusserst selten sein.«

Dass damit die Zentralisierung des »Sturmwarnungswesens« erheblich gelockert ist, bedarf keines Wortes, aber der Vorschlag ist gut, weil eben das bisherige Prinzip weder genügt, noch Aussicht auf baldige bessere Resultate verheisst. Wie naiv das System der Sturmwarnungen bis jetzt ist, erhellt aus den Erläuterungen zu Nr. 6, in denen Prof. van Bebber sagt: »Durchblättern und vergleichen

wir miteinander die täglichen Wetterkarten irgend eines längeren Zeitraumes, so finden wir eine solche Mannigfaltigkeit in den Wetterlagen und in den Witterungsvorgängen, dass unter vielen Tausend Wetterkarten nicht eine der anderen vollkommen gleicht; indessen lassen sich gewisse typische Wetterlagen unterscheiden, welche mit geringen Modifikationen häufig wiederkehren, und welche ganz bestimmte Witterungscharaktere darstellen, so dass es möglich ist, alle Wetterkarten nach bestimmten Gesichtspunkten in ein festes System einzuordnen, wobei auch die Umwandlung der einen Wetterlage in die andere berücksichtigt wird. Eine solche systematische Sammlung von Wetterkarten (Wetteratlas) würde für den praktischen Gebrauch von grossem Nutzen sein können; man braucht nur für die jeweilige Wetterkarte die analoge im Atlas aufzusuchen, hiermit die vorhergehende und nachfolgende zu vergleichen, und man erhält dann sofort Anhaltspunkte für die Beurteilung des demnächst zu erwartenden Wetters.

Durch solcherlei Vergleichungen, sowie durch Hinzuziehung von Lokalbeobachtungen in bezug auf die Änderungen des Luftdruckes und des Windes, die Himmelsansicht u. dergl., könnte beurteilt werden, ob sich die Wetterlage in derselben Weise umwandelt, wie es im Atlas angegeben ist, oder aber ob die Änderungen in anderer Weise erfolgen, namentlich in bezug auf die Depressionen oder die Ausbildung und das Verhalten der Teilminima und dergl. Nach und nach würde man im Gebrauche eines solchen Atlanten sich eine solche Übung in der Beurteilung des Witterungsverlaufes verschaffen, dass die Anwendung auf die Wettervorhersage, insbesondere aber auf das Sturmwarnungswesen mit Erfolg gemacht werden könnte.

Die Wetterkarten der Seewarte kommen erst mit grosser Verspätung zu Händen der Interessenten, ausser Hamburg überall frühestens am Morgen des der Ausgabe folgenden Tages, teilweise am zweiten Tage nach der Ausgabe. Es würde sich nun empfehlen, jede Wetterkarte mit einer Nummer zu versehen, welche mit der Nummer der analogen Karte im Wetteratlas (auch die Karten dieses Atlanten müssten numeriert sein) übereinstimmte; diese Nummer könnte nun spätestens um die Mittagszeit telegraphisch nach auswärts mitgeteilt werden, und so würde schon um diese Zeit die Wetterlage, wie sie vor wenigen Stunden statt hatte, allgemein bekannt sein, und jeder wäre in der Lage, ein gegründetes Urteil über den wahrscheinlichen Verlauf der jeweiligen Witterung abzugeben. Diese Einrichtung würde nicht allein praktisch von grossem Nutzen sein, sondern auch eine erziehende Wirkung auf das grosse Publikum haben.«

An diese erziehende Wirkung wird wohl ausser Prof. van Bebber kaum jemand im Ernste glauben.

19. Elektrische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Untersuchungen über die elektrischen Erdströme in Bulgarien[1]. In den Jahren 1893 und 1894 hat Bachmetjew ausgedehnte Beobachtungsreihen über die Erdströme in Bulgarien ausgeführt, zu denen er sich als Elektroden poröser, mit Zinksulfatlösung gefüllter Thonzellen (nach Brander) bediente, in welche amalgamierte Zinkplatten tauchten. Diese Elektroden waren frei von Polarisation und von allen sonstigen störenden Einwirkungen; sie wurden in Entfernungen von 50 bis 150 *m* an den Beobachtungsorten vergraben, so dass sie von allen Seiten mit einer dicken Schicht reinen Sandes umgeben waren. Durch isolierte Drähte wurden sie mit einem Kommutator und einem Wiedemann'schen Galvanometer verbunden. Die Elektroden waren in einem Quadranten so angeordnet, dass eine im Zentrum, die anderen sechs bis acht auf der Peripherie des Quadranten verteilt waren; jede halbe Stunde wurde die zentrale Elektrode nacheinander mit allen peripheren verbunden und die Intensität wie Richtung des Stromes notiert. Die Beobachtungen sind an acht verschiedenen Punkten (an vier gleichzeitig) ausgeführt und ergaben folgende Hauptresultate:

Der Erdstrom fliesst in Bulgarien im allgemeinen von SW nach NO und bildet mit dem magnetischen Meridiane verschiedene Winkel in verschiedenen Gegenden. So z. B. bildete derselbe im September 1894 in Sofia einen Winkel von etwa 0°, in Petrochan (60 *km* nördlich von Sofia) etwa 70°, in Lom-Palanka (160 *km* von Sofia) von etwa 45° und in Rustschuk (350 *km* von Sofia) etwa 70°. Diese Winkel sind aber für denselben Ort nicht konstant, sie ändern sich periodisch innerhalb 24 Stunden. Bei Sofia trat das Minimum um 1^h nachmittags und das Maximum um etwa 5^h abends (Ortszeit) ein.

Ausser diesen täglichen Änderungen des Winkels existieren auch Variationen von längerer Periode, wobei sich die Richtung des Stromes allmählich dem magnetischen Meridiane nähert oder von ihm entfernt. Im August 1894 z. B. änderte sich die Richtung innerhalb weniger Tage an einer Station von 45° auf 22°. Die Ursache dieser Änderung der Richtung für einen und denselben Ort lässt sich, wie Verf. vermutet, durch die Feuchtigkeit des Bodens erklären, und zwar nähert sich die Richtung des Erdstromes um so mehr dem magnetischen Meridiane, je trockener der Boden ist.

Der Erdstrom zeigt im allgemeinen eine periodische Variation, indem er morgens ein Minimum erreicht und abends ein Maximum. Die Potentialdifferenz bei einem Abstande der Elektroden von 50 *m*

---

[1]) Nachr. d. Göttinger Ges. d. Wissenschaften 1894. p. 324. Durch Naturwissensch. Rundschau 1895. p. 241.

war in Sofia, Lom-Palanka und Rustschuk im Maximum etwa 0.01 V., während sie zu Petrohan fünfmal grösser war.

In den gebirgigen Gegenden fliesst der Erdstrom von unten nach oben, was mit den Beobachtungen von Brander am St. Gotthard und von Palmieri am Vesuv übereinstimmt; dagegen wird in niedrigen, künstlichen Hügeln eine solche vorherrschende Richtung nicht beobachtet.

Während eines Erdbebens zeigt der Erdstrom eine starke Änderung seiner Intensität, jedoch ist dieselbe nicht nach allen Richtungen von gleicher Stärke. Der Erdstrom zeigt dabei die Störungen noch längere Zeit (einige Stunden), nachdem das Erdbeben scheinbar schon aufgehört hat. Die Änderung der Ruhelage der Magnetnadel im Magnetometer ist nicht identisch mit den Variationen des Erdstromes, obwohl man das fast gleichzeitige Vorkommen der Störungen dieser beiden Grössen nicht leugnen kann; doch treten die magnetischen Störungen stets etwas früher ein, als die elektrischen.

Elektrische Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel. Da die Beobachtungen der atmosphärischen Elektrizität auf dem Sonnblick mit Mai 1894 zunächst ihren Abschluss gefunden, so haben J. Elster und H. Geitel ihre Untersuchungen dieser Aufzeichnungen auch auf die Zeit vom Oktober 1893 bis zum Mai 1894 ausgedehnt[1]). »Als Gesamtresultat der vierjährigen Beobachtungen bleibt die geringe jährliche Veränderlichkeit des Potentialgefälles auf dem Sonnblick im Vergleiche zu dem in der Ebene gemessenen bestehen. Dabei ist auch der Schluss aufrecht zu erhalten, den wir aus der Thatsache in der früheren Mitteilung zogen, dass der Sonnblickgipfel diejenigen Schichten der Atmosphäre zum grössten Teile überragt, in denen die elektrischen Vorgänge stattfinden, welche im Tieflande die Periodizität des Potentialgefälles am Erdboden bewirken. Bei der Begründung dieses Schlusses hatten wir allein die nach den damaligen Erfahrungen wahrscheinliche Vorstellung in Betracht gezogen, dass diese elektrischen Vorgänge in Schwankungen des Gehaltes der Luft an freier negativer Elektrizität beständen. Die neueren Beobachtungen des Potentialgefälles bei Ballonfahrten widersprechen dieser Annahme und nötigen, sofern wir sie als genügend sicher und allgemein gültig betrachten dürfen, zu der entgegengesetzten Vorstellung, dass die Luft, jedenfalls bis zu einem Niveau von 3000 *m*, positive Elektrizität enthält. Von welchem Zeichen nun auch die in der Atmosphäre verteilte Elektrizität sein mag, so zeigt die Konstanz des Potentialgefälles auf dem Sonnblick, dass über dem Niveau von 3000 *m* keine stark veränderlichen elektrischen Massen mehr vorhanden sein können,

---

[1]) Sitzungsber. der Wiener Akad. d. Wissensch. 1895. **109.** Abtl. IIa. p. 37.

dass also die Ursache der Potentialschwankungen, die man im Tieflande beobachtet, in den unteren Luftschichten zu suchen ist.« Durch Kombination der Ergebnisse der Ballonfahrten mit denen der Sonnblickbeobachtungen gelangen die Verf. zu folgender Auffassung der Erscheinungen der normalen Luftelektrizität: »Die Erde ist, analog der Vorstellung Lord Kelvin's, als ein Kondensator zu denken, dessen eine Belegung, die Erdoberfläche, negative Elektrizität enthält, während positive in der Atmosphäre, und zwar vorzugsweise in den tiefsten Luftschichten verteilt ist. . . Die starken Schwankungen, denen die atmosphärische Elektrizität im Tieflande während des Tages und Jahres unterworfen ist, wären als eine Folge des Austausches zwischen der negativen Bodenelektrizität und der positiven der untersten Luftschichten zu betrachten. Hierbei kann die photoelektrische Entladung der Erdoberfläche als Ursache der Abnahme des Potentialgefälles bei wachsender Sonnenhöhe mit einiger Wahrscheinlichkeit angesehen werden.« Weitere Beobachtungen im Ballon und auf freiliegenden Höhenstationen müssen die noch vorhandenen Lücken unserer Erfahrungen ausfüllen.

Die Beobachtungen des Elmsfeuers, die ebenfalls mit ihren Begleiterscheinungen tabellarisch wiedergegeben sind, bestätigen durchaus die schon früher erkannte Regel, dass bei staubförmigem Schnee vorzugsweise negatives, bei flockigem positives Elmsfeuer beobachtet wird, so wie das schon früher konstatierte Überwiegen des negativen zur Winterszeit. Besonders auffallend ist das starke Ausströmen positiver Elektrizität bei Hagelfall.

Die Gewitter vom 11. Dezember 1891 sind in ihrem Zusammenhange mit den gleichzeitigen Witterungserscheinungen von M. Rohr studiert worden[1]). Diese Gewitter traten im Gefolge des schweren Sturmes auf, der an jenem Tage sich ereignete. Nach den Isobarenkarten zog ein Minimum, welches sich am Abende des 10. mit ungefähr 715 *mm* Tiefe nördlich von Christiansund befand, langsam und unter allmählicher Verflachung nordostwärts, während an der Südwestseite desselben ein Teilminimum mit etwa der doppelten Geschwindigkeit nach O hin vorrückte. Dabei sind aber auf den genaueren Karten vom 11. noch eine ziemlich grosse Zahl flacherer Teildepressionen bemerkbar, von denen die einen im Flachlande, besonders in Mecklenburg und Ostpreussen, grossenteils, jedoch nicht ausnahmslos, Träger von Gewittererscheinungen waren, die anderen, wie vom Verf. näher erörtert wird, auf den Verlauf der Gebirgszüge zurückzuführen sind; namentlich finden sich angenähert stationäre Ausbuchtungen der Isobaren an Gebirgskanten sehr

---

[1]) Ergebnisse der Gewitterbeobachtungen im Jahre 1891. Auszug daraus von Less in der Meteorolog. Zeitschr. 1895 Juli. Litteraturbericht p. (52), woraus oben der Text.

gut ausgebildet in Schlesien zur linken Seite des Riesengebirges und zur rechten des Altvater.

Die Wärmeverteilung in Deutschland zeigte infolge starker Bewölkung keinen extremen Charakter, und auch der Einfluss der täglichen Periode war nicht sehr ausgesprochen. Am Abende des 10. Dezember drängen sich die im allgemeinen wie die Winde ungefähr von WSW nach ONO gerichteten Isothermen von 7° bis 10° am Rande des Hügellandes gegen die Ebene und dann im Tieflande östlich des Harzes über die Elbe hinaus in sehr auffallender Weise aneinander. Wenn auch dieser starke, den Betrag von 1° auf etwa 7 *km* erreichende Temperaturgradient im Hügellande zum Teile auf lokale Ursachen zurückzuführen ist, so kann sein Vorhandensein im Tieflande doch nicht angezweifelt werden; z. B. haben Hannover und Celle mit einem Höhenunterschiede von 17 *m* eine Temperaturdifferenz von 4°. Beschränkt man sich ihrer grösseren Gleichartigkeit wegen auf die Tieflandbeobachtungen, so lässt sich das Gemeinsame der vier Isothermenkarten dadurch charakterisieren: Die Nordsee ist stets ein wenig wärmer als die Küste. Im ostdeutschen Tieflande nimmt senkrecht zur Windrichtung die Temperatur im allgemeinen zu bis zu einem Maximum in Schlesien, und zeigt der Verlauf der Isothermen eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit der herrschenden Windrichtung, wodurch warme Luft ungewöhnlich weit nach NO vordringt. Dies könnte fast den Anschein erwecken, als wäre es die beim Anstiege vom Berglande dynamisch erwärmte Luft, welche vom Sturme bis nach Posen und Westpreussen hin transportiert wurde. — Die Verteilung der Sonnenscheindauer in Nord- und Mitteldeutschland war nach den Beobachtungen von 22 Stationen eine derartige, dass an der Nordsee und westlichen Ostsee, zunächst der Mittagslage des Teilminimums, fast gar kein Sonnenschein stattfand, während seine Dauer nach S und O hin bis zu ungefähr der Hälfte der möglichen zunahm. Eine Ausnahme machte im SO der wolkenbedeckte Kamm der schlesischen Gebirge, während nach dem Oderthale zu im absteigenden Luftstrome die Sonnenscheindauer sich rasch steigerte.

In Mittel- und Oberschlesien liessen die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse vom Abende des 10. bis zum Abende des 11. Dezember auf Föhn schliessen. Die Temperaturabnahme auf je 100 *m* war am Riesengebirge am stärksten um 9^h p. des 10., z. B. zwischen Schneekoppe und Friedland 1.06°, zwischen Schneekoppe und Eichberg 1.01°, am Glatzer Gebirgslande um 2^h p. des 11., z. B. zwischen Glatzer Schneeberg und Lichtenwalde 0.85°, zwischen Brand und Oppeln 1.24° betragend. Die relative Feuchtigkeit ging am 11. Dezember um 2^h p. zu Breslau auf 43, zu Liegnitz auf 46, um 9^h p. zu Oppeln auf 56 % herab. Die absolute Feuchtigkeit zeigte in Mittelschlesien vom Morgen zum Mittage eine bis 2.8 *mm*, in Oberschlesien vom Mittage zum Abende eine bis 1.7 *mm* betragende

Abnahme. Freilich hatte auch auf der böhmischen Seite des Gebirges, wo auch die Niederschläge nicht sehr bedeutend waren, die Temperaturabnahme vom 10. abends bis zum 11. mittags hohe, zwischen 0.80° und 1.12° für 100 *m* schwankende Werte.

Während es sich im Sommer häufig um einen einzigen Gewitterzug handelt, waren am 11. Dezember verschiedene, durch mehrere Längengrade getrennte Züge voneinander zu unterscheiden. Am Vormittage fanden Gewitter in Hannover, Mecklenburg und Pommern, ausserdem im Maingebiete statt, am Nachmittage solche in Hannover und Holstein, ferner in West- und Ostpreussen, endlich in Westfalen, Hessen, Thüringen und Sachsen. Aus den Isobarenkarten für die Terminzeiten ist ersichtlich, dass die Gewitter mit den flachen Teildepressionen örtlich zusammenfielen, besonders in der Ebene, so morgens in Mecklenburg, nach 2^h p. in der Provinz Ostpreussen und im Gebiete des Rheines. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter war sehr beträchtlich, sie ergab sich im Gesamtmittel, nur mit Ausschluss der auf zu wenig Meldungen beruhenden Nachmittagsgewitter in Hannover, zu 69.4 *km* p. h., und zwar betrug die mittlere Geschwindigkeit in der Nähe der Küste nur 65.2, bei den binnenländischen Höhenzugsgewittern aber 79.7 *km*. In den 279 Gewittermeldungen kamen 13 Berichte über mehr als neun Einschlagsfälle vor, so dass schon auf etwa 28 Gewittermeldungen ein Schadenblitz entfiel, auch wurde über vier Kugelblitze berichtet.

Die an den einzelnen Gewitterstationen beobachteten Zugrichtungen stimmten auffallend mit dem Vorrücken der ganzen Erscheinung überein. Auf das Fortschreiten der Gewitter scheinen die Flüsse verzögernd gewirkt zu haben, was schon aus dem Zusammenfallen der Isobronten mit den Flussufern ersichtlich ist. Dies zeigte sich besonders deutlich für die Gewitter im Mittelgebirge, liess sich aber auch im Flachlande — am Pregel in Ostpreussen — noch erkennen. Zur Erklärung nimmt der Verf. ebenso wie früher Börnstein bei Untersuchung der »Gewitter vom 13. bis 17. Juli 1884 in Deutschland« an, dass die Flüsse kälter als die Luft in ihrer Umgebung waren. Doch dürfte nach Ansicht von E. Less ein etwaiges Zurückbleiben der Flusstemperatur im Winter bei nicht sehr bedeutender Sonnenstrahlung, zumal da demselben eine Erhöhung der Feuchtigkeit gegenübersteht, jedenfalls nicht gross genug sein, um absteigende Luftströme über den Flussläufen erzeugen zu können, und wird man die Einwirkung der Flüsse, wenigstens im mitteldeutschen Gebirgslande, vielleicht eher auf orographische Verschiedenheiten ihrer entgegengesetzten Ufer zurückzuführen haben.

Das Erlöschen der Gewitter, deren Intensität weder gegen die ersten Nachmittagsstunden eine Zunahme, noch eine Abnahme gegen Abend zeigte, fand wesentlich aus zwei Gründen statt. Sie verschwanden im absteigenden Luftstrome, der durch die Bodengestaltung veranlasst wurde — so erloschen sämtliche im mitteldeutschen Ge-

birgslande sehr gut ausgebildete Gewitter, sobald sie die norddeutsche Ebene erreichten —, oder das Ende des Gewitters wurde dadurch herbeigeführt, dass es bei seiner weiteren Fortpflanzung über ein Gebiet hätte ziehen müssen, auf dem schon vor kurzer Zeit heftige elektrische Erscheinungen beobachtet worden, und welches wohl durch die begleitenden festen Hydrometeore abgekühlt worden war. In Pommern setzte um 10^h abends bei Kammin die Gewitterthätigkeit gänzlich aus, wahrscheinlich, weil der stärker ausgebuchtete Teil der sekundären Depression auf die Ostsee hinaustrat; die Niederschläge schritten aber mit ungefähr der früheren Geschwindigkeit von W nach O weiter, und nach etwa drei Stunden kam auch das Gewitter im Westpreussischen wieder zum Ausbruche.

Die Temperaturdepressionen der verschiedenen Gewitter waren bei den stärkeren, hagelbegleiteten Zügen unverkennbar und fanden sich bei dem Frühtermine ebenso wie nachmittags und abends. Die Neigung der Gewitter, sich nach der Seite der grösseren absoluten Feuchtigkeit fortzupflanzen, zeigte sich auch bei dieser Untersuchung; im Rücken des Gewitters war eine wohl mit auf die Abkühlung zurückzuführende Abnahme der absoluten Feuchtigkeit zu bemerken. Die Steigerung der Windstärke ergab bei der an sich schon stürmischen Wetterlage in den meisten Fällen Sturm während des Gewitters.

Im letzten Abschnitte stellt der Verf. aus den Gewittermeldekarten eine Anzahl von Häufigkeitstabellen zusammen, welche sich auf den zeitlichen Verlauf der Gewitter und der sie begleitenden Niederschläge beziehen, wobei er hauptsächlich zwischen den küstennahen Tieflandsgewittern oder »Seegewittern« und den binnenländischen Höhenzugsgewittern oder »Landgewittern« unterscheidet. Die im Folgenden zusammengefassten Ergebnisse erscheinen um so interessanter, als wohl noch niemals für Wintergewitter ein grösseres Material in ähnlicher Weise bearbeitet worden ist, doch darf eine Verallgemeinerung derselben, wie von Rohr selbst betont, nur mit grosser Vorsicht gewagt werden. Die Dauer der Gewitter war durchweg sehr gering; bei den Nachtgewittern wurde nur von 17.2 %, bei sämtlichen von 20.5 % die zeitliche Grenze von $^3/_4$ Stunden überschritten, während 70.4, bezw. 67.9 % sich in kürzerer Zeit als $^1/_2$ Stunde abspielten, und zwar überwogen bei den Seegewittern die kurzen noch mehr als bei den Landgewittern. Die Zeit zwischen dem ersten Donner und der grössten Nähe betrug bei 90.1 % der Nahgewitter und bei 86.5 % aller Gewitter weniger als $^1/_4$ Stunde. Die Regenfälle dauerten bei 89.6 % der Seegewitter, bei 62.2 % der Landgewitter und bei 72.3 % sämtlicher Gewitter weniger als eine Stunde; die Hagel- oder Graupelfälle, welche 54.9 % der Nahgewitter und 36.9 % aller Gewitter begleiteten, dauerten in 87.2 % $^1/_4$ Stunde oder weniger und nur in einem von 55 Fällen länger als $^1/_2$ Stunde. Der Beginn der Niederschläge stand in keiner deutlich ausgesprochenen Beziehung zum Eintritte

des ersten Donners, vielmehr stellten sie sich innerhalb der fünf Minuten vor und nach demselben ganz symmetrisch ein. Als sehr klein erwies sich die Zeitdifferenz zwischen Regen- und Hagelbeginn; ersterer trat nur in einem unter 47 Fällen später, etwa in $^1/_3$ aller Fälle gleichzeitig und in $^2/_3$ derselben zwischen Null und fünf Minuten früher als der letztere ein. Bei den Seegewittern wurde die Zeitdifferenz von $^1/_4$ Stunde zwischen Regen- und Hagelanfang nur in einem, bei den Landgewittern in 23 % der Fälle überschritten.

Über Gewitterbildung und labiles Gleichgewicht der Atmosphäre hat W. v. Bezold eine bemerkenswerte Arbeit veröffentlicht[1]). Schon 1892 hat er darauf hingewiesen, dass die Mohn'sche Einteilung der Gewitter in Wärmegewitter und Wirbelgewitter eine grössere Bedeutung besitzt, als man ihr im allgemeinen beilegt. »Die Wirbelgewitter sind nach Mohn die Begleiter der grossen atmosphärischen Wirbel, d. h. der Cyklonen im weitesten Sinne des Wortes. Sie treten, soweit sich dies bis jetzt übersehen lässt, wesentlich im zentralen Teile der Cyklonen auf und dementsprechend bei unruhiger stürmischer Witterung. Sie bevorzugen nicht wie die Wärmegewitter die Tagesstunden, sondern sind bei Nacht mindestens ebenso häufig, als bei Tage. In der jährlichen Periode schliessen sie sich jener der Cyklonen im allgemeinen an. Endlich sind sie an den Küsten häufiger als im Binnenlande.

Ganz entgegengesetzt verhalten sich die Wärmegewitter, wenigstens sofern sie zu typischer Entwickelung kommen. Sie entstehen, wenn bei schwacher Luftbewegung und geringer Bewölkung kräftige Insolation eine starke Erwärmung der untersten Luftschicht bewirkt. Ihre tägliche und jährliche Periode schliesst sich dementsprechend eng an jene Temperatur an, sie sind eine spezielle Eigentümlichkeit der warmen Tages- und Jahreszeit.

Sie entwickeln sich vorzugsweise am Rande von flachen Depressionsgebieten. Wenn sie vielfach als Begleiter von Teildepressionen erscheinen, so bleibt es doch immer noch fraglich, ob man sie als Folgeerscheinungen solcher Teildepressionen auffassen soll, oder ob sie vielmehr dem Übergangsgebiete zwischen jenen Depressionen und den benachbarten Anticyklonen angehören.

Jedenfalls darf man es als feststehend betrachten, dass vorgeschobene Zungen barometrischer Maxima sowie Sättel hohen Druckes zwischen zwei Depressionsgebieten die Entstehung von Wärmegewittern ganz besonders begünstigen.

Nach dem Ausbruche entwickeln sich übrigens auch in den Wärmegewittern einzelne Wirbel mit wesentlich vertikaler Axe, und kommen überhaupt alle Übergänge zwischen der einen und der anderen Art von Gewittern vor. Es könnte deshalb scheinen, als

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1895. p. 121 u. ff.

ob eine scharfe Unterscheidung zwischen beiden Gruppen nur von untergeordneter Bedeutung wäre.

Dies ist aber keineswegs der Fall, denn die oben angeführten charakteristischen Merkmale, vor allem die Verschiedenheit in der täglichen Periode deuten unzweifelhaft darauf hin, dass in den beiderlei Gruppen wesentlich verschiedene Ursachen schliesslich ähnliche Erscheinungen im Gefolge haben.

Eine gemeinsame Eigentümlichkeit aller Gewitter ist das Vorhandensein eines sehr starken, aufsteigenden Luftstromes.

Die elektrischen Erscheinungen, die man sonst wohl als das eigentliche Charakteristikum betrachtet, sind wahrscheinlich nur sekundärer Natur.

Die ausserordentliche Stärke dieses aufsteigenden Stromes verrät sich vor allem durch die grosse Dichtigkeit — Schwärze — sowie durch die enorme Mächtigkeit der Gewitterwolken, die in manchen Fällen bis auf mehrere Kilometer anwächst.

Solche Wolken können nur existieren, wenn ein gewaltiger aufsteigender Strom grosse Mengen kondensierten Dampfes, d. h. grosse Wassermassen längere Zeit hindurch am Herabfallen hindert.

Auch die Hagelbildung lässt sich nur dadurch erklären, dass tropfbar flüssiges Wasser in Höhen getragen wird, in denen sehr niedrige Temperaturen herrschen.

Überdies ist es wahrscheinlich, dass in den grössten Höhen alle Gewitter von Hagelbildung oder wenigstens von Graupelbildung begleitet sind, denn die grossen Tropfen, welche für die Gewitterregen charakteristisch sind, lassen sich nur durch die Annahme erklären, dass sie ursprünglich Graupel- oder Hagelkörner waren, die erst beim Eintritte in die tieferen Schichten der Atmosphäre geschmolzen sind.

Auch die erhebliche Abkühlung, welche meist kurz nach dem Ausbruche des Gewitters eintritt, spricht zu gunsten dieser Annahme.

Ein solcher mächtiger aufsteigender Luftstrom kann wesentlich durch zweierlei Ursachen hervorgerufen werden:

Erstens durch die Auslösung labilen Gleichgewichtes in der Atmosphäre und zweitens durch anderwärts bereits eingeleitete Bewegungserscheinungen, d. h. als Folge der allgemeinen Zirkulation.

Labiles Gleichgewicht scheint die Ursache aller Wärmegewitter zu sein.

Die Wirbelgewitter hingegen dürften ihre Entstehung denselben Ursachen verdanken, durch welche die Cyklonen überhaupt zu stande kommen, also wenigstens teilweise der allgemeinen Zirkulation. Labiles Gleichgewicht in der Atmosphäre kann aber auf dreierlei Weise entstehen:

Erstens, durch Überhitzung der untersten Luftschicht, wie schon Reye nachgewiesen hat. — Zweitens, durch starke Abkühlung der oberen Schichten, worauf zuerst W. Morris Davis hingewiesen

hat[1]). — Drittens, durch Verzögerung in der Veränderung des Aggregatzustandes. Solche Verzögerungen können entstehen: entweder durch Übersättigung der Luft mit Wasserdampf oder durch Überkaltung des in Wolkenform in der Luft suspendierten Wassers. Von diesen drei Ursachen des labilen Gleichgewichtes dürften die erste und die letzte bei den Wärmegewittern die Hauptrolle spielen. Überhitzung der untersten Luftschicht muss eintreten, wenn der feste Erdboden bei ruhiger Luft einer kräftigen Insolation ausgesetzt ist. Bekanntlich sind dies auch die Bedingungen, unter denen man die meisten Wärmegewitter beobachtet. Über dem Meere wird labiles Gleichgewicht auf diesem Wege nicht leicht zu stande kommen, da einerseits die im allgemeinen daselbst herrschende starke Luftbewegung hinderlich in den Weg tritt, während anderseits die Verdunstung sowie die Beweglichkeit des Wassers eine sehr starke Erwärmung der obersten Wasserschicht unmöglich machen. Nur in der Kalmenregion fällt der erste Hinderungsgrund weg, und thatsächlich tragen auch die dort sehr häufigen Gewitter den Charakter der Wärmegewitter an sich, wie sich schon in der täglichen Periode zu erkennen giebt.

Die zweite Art labilen Gleichgewichtes, nämlich die aussergewöhnliche Abkühlung höherer Schichten setzt Bedingungen voraus, die in der Natur nicht so leicht erfüllt sein werden, wie jene, welche eine Überhitzung der untersten Luftschicht im Gefolge haben. Durch Hereinbrechen kalter Luftmassen in höhere Schichten kann nämlich wohl eine Gleichgewichtsstörung entstehen, aber kein labiles Gleichgewicht, da das letztere immer ruhige Luft voraussetzt. Die Entstehung dieser Art labilen Gleichgewichtes ist demnach nur möglich, wenn sich höhere Schichten durch Ausstrahlung gegen den Weltraum unter jene Temperatur abkühlen, wie sie dem konvektiven Gleichgewichte entspricht. Sie kann demnach nur im Winter oder in der Nacht vorkommen und setzt überdies das Vorhandensein einer Wolkendecke voraus, deren obere Begrenzungsfläche sich durch Ausstrahlung stark abkühlen kann, während das Emissionsvermögen der trockenen, nebelfreien Luft, d. h. der Luft im Trockenstadium hierfür nicht hinreicht. Auch ist bei Abwesenheit von Wolken nicht einzusehen, weshalb sich die Abkühlung durch Ausstrahlung nur oder wenigstens vorzugsweise auf die obersten Schichten beschränken sollte. Wolkendecken finden sich aber gewöhnlich nur im Cyklonalgebiete, und dort fehlt wieder die zur Entstehung labilen Gleichgewichtes erforderliche Windstille. Dagegen kann die Ausstrahlung von der oberen Begrenzungsfläche der Wolken sehr wohl die »Gleichgewichtsstörung« in der Cyklone vermehren, besonders über dem Meere, das in den Zeiten überwiegender Ausstrahlung verhältnismässig warm ist. Es dürfte vielleicht mit einer der Gründe sein, welche die Verstärkung der stürmischen

[1]) Amer. Met. Journ. 1890. 6. p. 420 u. ff.

Winde während der kalten Tages- und Jahreszeit besonders über den Meeren bedingen. Auch die Thatsache, dass die Cyklonen im Winter vorzugsweise den Meeren nachziehen und sich in dieser Jahreszeit zu besonderer Tiefe entwickeln, scheint damit in Zusammenhang zu stehen.

Die dritte Art endlich, d. i. das labile Gleichgewicht infolge verzögerter Änderung des Aggregatzustandes kann sowohl über dem Meere als über dem Festlande vorkommen. Für das Auftreten übersättigten Dampfes wird das Meer günstiger sein, da dort weniger Staub vorhanden ist, und mithin die zur Kondensation unentbehrlichen Nebelkerne nicht so reichlich zu Gebote stehen, als über dem Festlande. Besonders die tropischen Meere mit ihren hohen Temperaturen und ihrer gewaltigen Verdunstung müssen die Bildung übersättigten Dampfes wesentlich begünstigen. Labiles Gleichgewicht infolge überkalteter Nebelkörperchen ist sowohl über dem Meere als über dem Festlande denkbar. Aus dem eben Gesagten geht hervor, dass sich die Entstehung labilen Gleichgewichtes und damit das Auftreten eines starken aufsteigenden Luftstromes auf sehr verschiedene Weisen erklären lässt. Die Gewitter aber, welche diesen verschiedenen Arten labilen Gleichgewichtes ihren Ursprung verdanken, müssen eine ganz verschiedene tägliche Periode besitzen. Inwiefern endlich Gewitter bloss Folgen jenes aufsteigenden Stromes sind, wie er den Cyklonen überhaupt eigen ist, dies kann nur durch ganz besondere Untersuchung ermittelt werden. Jedenfalls werden solche Gewitter Wirbelgewitter im strengsten Sinne des Wortes sein. Sie müssen sich an jenen Stellen der Cyklonen entwickeln, an welchen der aufsteigende Strom am stärksten ist, also in der Umgebung des Zentrums, jedoch nicht im Zentrum selbst, da dort die Zentrifugalkräfte dem starken Aufsteigen hinderlich entgegentreten. Hierbei ist es jedoch selbstverständlich, dass Abkühlung der oberen Schichten sowie verzögerte Änderungen des Aggregatzustandes noch unterstützend und verstärkend mitwirken können.« Leider ist das bisher gesammelte Beobachtungsmaterial nicht hinreichend, um die entwickelten Anschauungen an der Hand der Thatsachen gründlich zu prüfen.

Den von Prof. v. Bezold angegebenen drei Ursachen des labilen Gleichgewichtes in der Atmosphäre fügt E. Leyst noch eine vierte bei[1]), »nämlich Abkühlung der oberen Schichten durch Änderung des Aggregatzustandes niedersinkender Hydrometeore als Eiskrystalle und Wassertropfen. Jede sich senkende und sich auflösende Wolke kann labiles Gleichgewicht dieser vierten Art erzeugen, insbesondere wenn Eisnadeln die oberen Schichten füllen und langsam niedergehen, während die unteren Luftschichten hohe Temperatur haben. Dass solche Fälle im Sommer bei hohen Temperaturen vorkommen, beweisen die Sonnenringe, wie z. B. in Moskau

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1895. **12.** p. 318.

am 15. Juni 1895 bei 30° Wärme. Wenn bei niedersinkenden Luftströmungen mit Eisnadeln gefüllte Luftmassen die Null-Isothermenfläche durchsetzen, sei es, dass die Eisnadeln durch ihre Schwere in wärmere Schichten gelangen, sei es, dass infolge adiabatischer Änderungen die Temperatur der sinkenden Luftmassen über 0° steigt, so wird Wärme der oberen Luftschichten zum Eisschmelzen verbraucht, während die Temperatur der untersten Luftschichten unverändert bleibt, wodurch labiles Gleichgewicht entstehen kann. Der gleiche Fall kann eintreten, wenn eine aus Wassertröpfchen bestehende Wolke sich auflöst.

Es fragt sich jetzt, wie und wo solche Fälle am leichtesten eintreten können. Zunächst gehört dazu eine Temperatur von mehr als 0° und geringe relative Feuchtigkeit in den oberen Luftschichten, Bedingungen, die am ehesten in den wärmsten Jahres- und Tageszeiten im Gebiete der Anticyklonen erfüllt werden. Ferner gehört dazu eine gewisse Quantität Kondensationsprodukte des Wasserdampfes in den oberen Luftschichten, als Eiskrystalle oder Wassertröpfchen, die sich in den Cyklonen am reichlichsten entwickeln. Das Zusammenwirken beider Arten von atmosphärischen Vorgängen, Cyklonen und Anticyklonen, findet am erfolgreichsten statt in den zwischen ihnen liegenden Grenzgebieten, wo sich auch am meisten Gewitter entwickeln. Die erforderlichen Vorbedingungen für diese Art labilen Gleichgewichtes finden sich auch in den zungenförmigen Gebieten relativ hohen Luftdruckes zwischen zwei Depressionsgebieten, wo Gewitter ebenfalls am meisten sich entwickeln.

Die vier Arten von labilem Gleichgewichte kann man in solche einteilen, welche in den unteren Schichten eine Überhitzung erzeugen, entweder 1. (nach Reye) durch direkte Erwärmung, oder 2. (nach W. v. Bezold) durch Erwärmung infolge Kondensation bei Übersättigung, und in solche, welche in den oberen Schichten eine aussergewöhnliche Abkühlung erzeugen, entweder 1. (nach Davis) durch direkte Ausstrahlung, oder 2. nach obiger Ausführung infolge von Wärmeentziehung bei Änderung des Aggregatzustandes.

Labiles Gleichgewicht auf den Meeren, wo nach den Ausführungen von Bezold eine Überhitzung nicht so leicht zu stande kommt, kann leicht durch die vierte Ursache labilen Gleichgewichtes erklärt werden.

Über das Wetterleuchten macht Meinardus einige interessante Bemerkungen[1]). Er unterscheidet objektives und subjektives Wetterleuchten und zählt zu ersterem die elektrischen Entladungen, welche überhaupt still, ohne Geräusch vor sich gehen, während das subjektive Wetterleuchten die Fälle umfasst, in denen die Entladung mit Geräusch (Donner) erfolgt, der Beobachter aber sich unter Umständen befindet, dass er zwar den Blitz sieht, aber den Donner

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1895. 12. p. 14.

nicht hört. Das subjektive Wetterleuchten, mit dem Verf. sich beschäftigt, ist somit ein akustisches Problem.

Vielfach ist die Thatsache festgestellt, dass beim Herannahen eines Gewitters noch kein Donner gehört wird, selbst wenn der Himmel von den grellsten Blitzen erleuchtet ist, und dass, wenn nach dem Blitze 40 bis 50 Sekunden geräuschlos verstrichen sind, ein Donner nicht zu erwarten ist. Hieraus folgt, dass die Hörweite des Donners in der Regel 15 *km* nicht übersteigt, eine im Vergleiche zur Intensität des Schalles sehr kleine Grösse. Es liegt nahe, den Grund hierfür in einer besonderen Beschaffenheit des schallleitenden Mediums zu suchen, umso mehr, als zur Erklärung einer Reihe akustischer Anomalien, die sich bei den Versuchen über die Hörweite von Nebelsignalen gezeigt, schon mehrfach die besondere Beschaffenheit der schallleitenden Luft herangezogen worden ist.

Bekannt ist, dass, wenn das Brechungsvermögen der verschiedenen, übereinander liegenden Luftschichten stark voneinander abweicht, ein in der Höhe erregter Schall selbst bei kleinen Entfernungen nicht zur Erdoberfläche gelangen kann, sondern total reflektiert wird. Die Bedingungen, unter denen diese totale Reflexion eintritt, und die Formeln, nach denen die Kurve des Schallstrahles durch Luftschichten von wechselnder Dichte gezeichnet werden kann, sind bei den Untersuchungen über die Hörbarkeit der Nebelsignale, namentlich von Mohn untersucht und ermittelt. Verf. verwertet diese Ergebnisse zur Feststellung der Hörweite des Gewitters und zur Erklärung des Wetterleuchtens.

Die Schallweite auf der Erde (X_0) ist nach diesen Formeln gleich $\sqrt{h/k}$, wenn h die Höhe der Schallquelle, und k eine von der Geschwindigkeitsänderung des Schalles mit der Höhe abhängige Grösse ist; sie wird negativ, man erhält also für X keinen reellen Wert, wenn die Schallgeschwindigkeit nach oben zunimmt. Die Schallgeschwindigkeit hängt nun, wie bekannt, von der Temperatur, dem Dunstdrucke, dem Luftdrucke und der Windgeschwindigkeit ab, und es lässt sich leicht zeigen, dass vor und nach einem Gewitter die Bedingungen erfüllt sind, welche k einen grossen positiven, und der Hörweite des Donners einen kleinen Wert geben. Vor dem Gewitter ist nämlich die Temperaturabnahme mit der Höhe sehr bedeutend, während der Wind an der Erdoberfläche sehr schwach weht. Unter zulässigen Annahmen findet Verf. bei herannahendem Gewitter k etwa = 0.000 01, und nach dem Gewitter wird k ungefähr 0.000 02. Man erhält nun die Hörweite des Donners auf der Erdoberfläche für die verschiedenen Höhen der Gewitterwolkenbasis mit Hilfe obiger Formel, und zwar beträgt die Hörweite bei der nicht unwahrscheinlichen Annahme von k = 0.000001 und h = 1400 *m*, nach dem Verf., 12 *km*. Schreitet das Gewitter 15 *m* in der Sekunde fort, so wird erst 15 Minuten vor seinem Ausbruche der erste Donner gehört; nach dem Gewitter erreicht k

vielleicht den Wert 0.000002, die Hörweite wäre dann auf 8 *km* eingeschränkt.

Je höher der Beobachter sich über der Erdoberfläche befindet, desto grösser wird die Schallweite; sie steigt auf das Doppelte, wenn der Beobachter sich in gleicher Höhe wie die Schallquelle befindet.

Die Erscheinung des subjektiven Wetterleuchtens lässt sich sonach aus einem einfachen physikalischen Gesetze erklären.

Natur und Ursache des Polarlichtes. A. Paulsen giebt auf Grund eigener und fremder Beobachtungen eine neue Erklärung des Wesens des Polarlichtes[1]). Folgendes ist ein das Wesentliche umfassender Auszug dieser Abhandlung.

Ein allgemeines Gesetz für den Einfluss der Nordlichter auf die Magnetnadel hat man noch nicht zu finden vermocht; Beobachtungen, welche in arktischen Ländern gemacht wurden, beweisen aber, dass es selbst starke Nordlichter giebt, welche überhaupt nicht merklich auf die Lage der Magnetnadel einwirken; wir werden später auf die Erklärung dieser Thatsache zu sprechen kommen; im allgemeinen aber ist das Erscheinen eines grösseren Nordlichtes mit magnetischen Störungen verbunden.

Die starken Nordlichter erscheinen gewöhnlich über einer grösseren Himmelsfläche; das Resultat ihrer Wirkung auf die Magnetnadel setzt sich somit jedenfalls aus den Wirkungen verschiedener Teile der Erscheinung zusammen, deren Lage und Intensität fortwährend wechselt. Dazu kommt noch die Wirkung von Erdströmen, die im allgemeinen die Nordlichterscheinung begleiten. Sehr geeignet zum Studium der Frage, welche uns hier beschäftigt, ist nun eine Nordlichterscheinung, welche ich, allerdings selten, während meines Aufenthaltes in Grönland sehen konnte. Diese Form des Nordlichtes gleicht einem Vorhange oder einem Bande, das vertikal in der Luft aufgehängt und mit einer grossen seitlichen Geschwindigkeit begabt ist. In Godthaab (an der Westküste Grönlands, in 64° 11′ n. Br.) kommen diese Erscheinungen aus dem magnetischen Süden, durcheilen das Zenith und entfernen sich gegen Norden. Ihre grosse Geschwindigkeit lässt annehmen, dass ihre Erhebung über den Boden verhältnismässig klein ist; wenn diese Nordlichtformen von elektrischen Strömen durchlaufen werden, dann muss die durch sie verursachte Abweichung der Magnetnadel ihr Zeichen wechseln, wenn sie das Zenith passieren. Zu Godthaab habe ich zweimal ähnliche Phänomene gesehen, aber ich war unglücklicherweise zu weit von dem magnetischen Beobachtungshäuschen, um die Nadel zu beobachten. Ich habe dann Schiffsleutnant Vedel, Mitglied der arktischen Expedition von Ryder, ersucht, derartige Spezialuntersuchungen des Einflusses solcher Nordlichtformen auf die Magnetnadel zu machen, wenn sich dieselben an der Ostküste Grönlands, wo die Expedition überwinterte, zeigen sollten. Im Jahre 1891 und 1892 machte Vedel magnetische Beobachtungen daselbst ($\varphi = 70° 27'$, $\lambda = -26° 10$) im Scoresbysunde. Öfters sah nun Vedel kleinere draperieartige Nordlichter, welche sich mit grosser Geschwindigkeit aus Süd gegen Nord über das Zenith bewegten. Beim Auftreten einer solchen Erscheinung hat Vedel stets die Magnetnadel beobachtet. Diese Beobachtungen ergaben nun, dass die Magnetnadel stets gegen Westen abwich beim Nahen des Nordlichtes. Im Augenblicke des Durchganges durch das Zenith machte die Magnetnadel Schwankungen um ihre ursprüngliche Lage und wich dann gegen Osten aus, als sich die Erscheinung entfernte. Herr Vedel hat etwa 20 Beobachtungen

[1]) Verh. d. k. dänischen Akademie d. Wissenschaften. Deutsch in der Meteorolog. Zeitschrift 1894 p. 450.

dieser Art gemacht, und die Ablesungen der Nadel ergaben stets dasselbe Resultat.

Diese Beobachtungen zeigen, dass die vorhangartigen Nordlichter in der Richtung von unten nach oben von Strömen durchflossen sind. Bei diesen Nordlichtern nimmt also das elektrische Potential nach oben hin ab. Die Erfahrungen zu Godthaab zeigen in Übereinstimmung mit jenen von Vedel, dass das Potentialgefälle an der Erdoberfläche während des Auftretens grosser Nordlichter sich verringert oder selbst negativ wird.

Die Messungen der Luftelektrizität, wie sie von der internationalen Expedition auf Kap Thordsen (Spitzbergen) ausgeführt wurden, ergaben dasselbe Resultat.

Die von der dänischen und schwedischen Expedition gemachten Erfahrungen zeigen somit, dass an der Erdoberfläche das Potential der Luft abnimmt während des Auftretens grosser Nordlichter, und die Beobachtungen von Vedel beweisen, dass in den »Bändern« und »Vorhängen« (Nordlichterscheinungen, die vertikal in der Atmosphäre aufgehängt erscheinen), die Änderungen des Luftpotentials bei Hebung über den Boden umgekehrt jenen sind, die gewöhnlich in der Atmosphäre vorhanden sind.

Die Wirkung des Nordlichtes auf die Stellung der Nadel zeigt sich auch in dem regelmässigen Gange der magnetischen Deklination zu Godthaab, welche deutlich zwei Maxima und zwei Minima aufweist. Das zweite Maximum fällt auf 9 Uhr abends, um diese Zeit macht die Nadel die grösste Abweichung nach Westen. Dieses Maximum zeigt nun die Eigentümlichkeit, dass sein Wert unabhängig von der Jahreszeit ist und dieselbe Grösse im Sommer und Winter aufweist. Die Zeit seines Eintretens stimmt nun überein mit der grössten Häufigkeit des Nordlichtes. Die Ansiedelung zu Godthaab befindet sich am nördlichsten Ende der eigentlichen Nordlichtzone; die grösste Zahl der Nordlichter zu Godthaab erscheint im Südosten. Ganz in Übereinstimmung mit den Erfahrungen von Vedel kann man dieses Maximum im täglichen Gange der Nadel durch den Einfluss der elektrischen Ströme bei den vertikalen Nordlichtarten erklären. Zur selben Stunde treten auch die grössten magnetischen Störungen auf, welche der Magnetnadel eine Abweichung nach Westen geben; und das gilt sowohl von ihrer Zahl, als von ihrer Intensität.

Ein Beobachter, welcher in Polarländern einen Nordlichtvorhang beobachtet, befindet sich, wenn nicht inmitten, so doch wenigstens so nahe der ganzen Erscheinung, dass er alle Partien derselben und alle Zustandsänderungen in ihr beobachten kann. Diese Nordlichtform erscheint auch als ein isoliertes, frei in der Atmosphäre aufgehängtes Phänomen. Die Vorhänge haben eine grosse Ausdehnung sowohl in der Länge, als in der Breite, aber ihre Dicke ist so gering, dass die Erscheinung nur einem schmalen Lichtstreifen gleicht, wenn sie das Zenith passiert. Für einen Beobachter, welcher in der Ebene des Vorhanges aufgestellt ist, sei es nun östlich oder westlich, erscheint das Phänomen, so dass man sich täuschen könnte, als ein schwaches Bündel von Nordlichtstrahlen, und man kann nur bei der Verlagerung die wahre Form erkennen. Wenn man sich also einer solchen »Draperie« gegenüber befindet, sieht man nicht nur die dem Beobachter zugewandte Seite, sondern das Nordlicht in seiner ganzen Ausdehnung.

Die Struktur und die Art des Auftretens, der Entwickelung und des Verschwindens einer solchen Erscheinung enthüllt uns somit die Natur des Nordlichtes.

In allen Beschreibungen wird die strahlenförmige Struktur der »Draperien« hervorgehoben; aber nur an der Basis und am Fusse bilden die Strahlen ein leuchtendes Band, während weiter oben die strahlenförmige Struktur sich in leuchtenden Streifen zeigt, die durch mehr oder weniger dunkle Streifen getrennt sind. Wenn die Intensität sich verstärkt, schiessen die Strahlen gegen das Zenith zusammen. Im allgemeinen ist eine solche »Draperie« ein sehr veränderliches Phänomen; sie pendelt, entfaltet sich

und verschiebt sich oft sehr rasch seitlich, aber die Strahlen behalten immer ihre ursprüngliche Richtung. Eine grosse »Draperie« kann in wenigen Minuten verschwinden und lässt dann keine anderen Spuren zurück, als ein schwaches, nebelartiges Lichtband mit einigen getrennten, schwach leuchtenden Flecken. Anderseits kann ein Nordlichtband von schwacher Intensität in wenigen Minuten sich vergrössern und in eine grosse Draperie umbilden, welche ihre Strahlen bis in grosse Höhen aussendet. Wenn die Intensität eines Nordlichtbandes auf diese Weise wächst, dann wächst die Intensität aller anderen Nordlichtphänomene, die sich am Himmel zeigen, in derselben Weise; die Bögen schicken Strahlen gegen das Zenith aus, neue Strahlenbündel erscheinen an verschiedenen Punkten des Himmels, und alle Strahlen konvergieren gegen denselben Punkt, das magnetische Zenith. Das ist die Nordlichtkrone.

Wenn man diese Nordlichterscheinungen gewissenhaft beobachtet, ohne dass der Geist durch Vorurteile über ihre Natur befangen ist, wird man naturgemäss dazu geführt, das Nordlicht als eine Erscheinung zu betrachten, welche in einer Energie, die sich durch Strahlung in den Raum verbreitet, ihren Ursprung hat. Die Quelle für diese Strahlen kann nicht ohne weiteres in dem Nordlichte selbst gesucht werden. Man darf nicht voraussetzen, dass ein Nordlichtband, das oft in verhältnismässig sehr geringer Höhe über dem Boden aufgehängt ist und vielfach von sehr geringer Dicke ist, das Zentrum einer Thätigkeit sei, welche Strahlen bis zu 100 *km* Höhe entsendet. Wenn sich eine Form von Energie auf dem Wege der Strahlung ausbreitet, dann sind die Strahlen nur die Wege, längs deren eine Energiequelle ihre Energie verliert. Nun bewahren viele Nordlichter ihre strahlenförmige Struktur bis zur Basis des Phänomens. Isolierte Strahlen können sich selbst bis zu Berggipfeln und darunter herabbewegen, um dann in einem Augenblicke bis zu Höhen vom 100 *km* sich zu erheben. Wie kann man sich aber eine Energiequelle vorstellen, die mit einer Geschwindigkeit begabt wäre, welche die der heftigsten Orkane weit überträfe und die merkwürdige Eigenschaft besitzt, leuchtende vertikale Strahlen bis zur Grenze der Atmosphäre aussenden zu können, während sie keineswegs in einer anderen Richtung ihre Energie verliert? Und vor allem, wie soll man sich den Ursprung einer Energie vorstellen, welche das Zentrum ihrer Wirksamkeit inmitten der Atmosphäre hätte, oft in ihren unteren Regionen, und die im stande wäre, die grossartigsten Nordlichterscheinungen hervorzurufen, ohne je diese Energie zu erschöpfen?

Wir müssen somit annehmen, dass die Quelle, aus der die Nordlichtstrahlen stammen, in den oberen Regionen der Atmosphäre zu suchen ist, wenn nicht gar ausserhalb derselben; aber auf jeden Fall zeigt uns die stets konstante Richtung der Strahlen, dass diese Quelle an der täglichen Rotation der Erde teilnehmen muss.

Es liegt in der Natur der Strahlung, dass die Strahlen ihre ganze Energie, die sie aus der Strahlungsquelle wegführen, so lange unversehrt ausbreiten, als diese Energie von dem Mittel, das sie durchdringen, nicht absorbiert wird. Solange es aber keine Absorption giebt, verliert ein Strahl nicht an Energie und kann folglich auch nicht sichtbar werden.

Je nachdem somit die Strahlen, welche das Nordlicht bilden, in die dichteren Schichten der Atmosphäre eindringen, werden ihre Spuren infolge der Absorption sichtbar, bis all ihre Energie in die Form von Licht umgewandelt ist. Wir werden also dazu geführt, das Nordlicht als eine Fluoreszenzerscheinung aufzufassen, welche durch die Absorption einer Energie hervorgebracht ist, die sich auf dem Wege einer Strahlung, deren Emissionsquelle sich in den oberen Atmosphärenschichten befindet, ausbreitet.

Physikalisch gesprochen, senden somit nicht die Bögen und die Draperien die leuchtenden Strahlen aus, sondern es sind unsichtbare Strahlen, welche durch Umwandlung ihrer Energie das Nordlicht hervorrufen.

Was nun die Quelle der Strahlen anlangt, so wird dieselbe immer für uns unsichtbar bleiben. Wir können uns nicht so stellen, dass das Auge

reine Nordlichtstrahlen empfange, und überdies beweist die Fluoreszenz, welche diese Strahlen in der Luft hervorrufen, dass ihre Brechbarkeit eine viel grössere sein muss, als die der Strahlen im sichtbaren Teile des Spektrums. Ehe wir nun aber uns überhaupt damit beschäftigen, nach der Ursache der Nordlichtstrahlen zu suchen, müssen wir zuerst die Rolle betrachten, welche diese Strahlung bei den elektrischen und magnetischen Wirkungen des Nordlichtes spielt.

Die Erklärung des Nordlichtphänomens als einer Erscheinung, welche durch Absorption einer Strahlung verbunden mit Produktion von Fluoreszenzlicht hervorgebracht wird, giebt im allgemeinen über die so veränderlichen Formen Aufschluss, unter welchen das Nordlicht in den arktischen Gegenden, wo die Richtung der Strahlen fast vertikal ist, erscheint. Wenn die Strahlung intensiv und konzentriert ist, erscheint das Polarlicht in Form von Strahlen und Draperien. Ist es weniger intensiv, so reicht die Absorption nicht hin, um die Wege der Strahlen sichtbar zu machen, und die Erscheinung bildet nur einen Bogen oder ein Band schwachen Lichtes, das keine Strahlen ausschiessen lässt. Hat die Strahlung aber eine grössere Ausdehnung, so ist sie im allgemeinen auch weniger intensiv, und das Nordlicht erscheint nun in der Form von leuchtenden Wolken, weisslichen Lichtern wie bei Tagesanbruch und anderen Formen schwachen und diffusen Lichtes.

Die Wirkung des Nordlichtes auf die Magnetnadel hat zur Annahme geführt, dass das Nordlicht von elektrischen Strömen herrühre, die sich durch Lichtproduktion wie in Geissler'schen Röhren bemerkbar machen. Diese Erklärung, die allgemein angenommen wird, schliesst sehr viele Schwierigkeiten in sich. Die Nordlichter können in arktischen Gegenden bis zu sehr niedrigen Schichten der Atmosphäre herabsteigen. Wie soll man nun die enormen Potentialdifferenzen erklären, die nötig wären, um derartige elektrische Ströme zu erzeugen? Und wie soll man es verstehen, dass ein intensiver elektrischer Strom, der fast bis zum Drucke einer Atmosphäre die Luft glühend erhält, plötzlich, ohne die Erde zu erreichen, aufhöre? Wenn die Strahlen elektrische Ströme sind, dann müssen ihre Wege von der Leitungsfähigkeit der Luft abhängen; die Nordlichtstrahlen sind aber geradlinig, und wenn sie sich verlagern — und das kann mit grosser Geschwindigkeit geschehen —, bewahren sie immer ihre ursprüngliche Richtung. Endlich zeigt die Erfahrung, dass die grossen Nordlichter erscheinen, ohne die Magnetnadel merklich zu beeinflussen. Wir werden auch sehen, dass die elektrischen Ströme nur sekundäre Effekte des Nordlichtes sind, dass also nicht elektrische Ströme das Nordlicht hervorrufen, sondern umgekehrt das Nordlicht elektrische Ströme.

Es giebt indessen eine elektrische Erscheinung, die in mehrfacher Hinsicht Analogien zur Strahlungsenergie des Nordlichtes zeigt. Es ist das die elektrische Strahlung, welche vom negativen Pole in stark luftverdünnten Röhren ausgesendet wird. Man weiss, dass diese Strahlen sich immer in gerader Linie ausbreiten, ohne dass ihr Lauf durch die Lage des positiven Poles beeinflusst würde, und man kennt ihre Eigentümlichkeit, auf den Wänden der Röhre, welche sie trifft, Fluoreszenzerscheinungen hervorzurufen. Man weiss auch, dass diese Strahlen bei Atmosphärendruck in die Luft eindringen können, um hier unter Lichtwirkung absorbiert zu werden. Anderseits rufen nach den Versuchen von Hertz diese Kathodenstrahlen keine Wirkung auf die Magnetnadel hervor. Wenn die Analogie der Art der Verbreitung und die gemeinsame Eigentümlichkeit, absorbiert zu werden, wobei ihre Energie in Fluoreszenzlicht umgewandelt wird, die Annahme gestattet, dass die Nordlichtstrahlen und die Kathodenstrahlen elektrische Phänomene derselben Art sind, dann rufen auch die Nordlichtstrahlen selbst keine magnetischen Störungen hervor. Ebenso kennen wir auch keine Strahlen, welche, wenn sie keine Energie verlieren, ein Wirkungsfeld auf ihrem Wege verursachen; ein System von Strahlen, wie es Kraft-

linien sind, bilden ein Feld, aber weder die Strahlen, noch die Kraftlinien rufen irgend einen Effekt ausserhalb ihres Weges hervor.

Wenn nun aber die Kathodenstrahlen in die Luft eindringen, entwickelt sich ein starker Ozongeruch, was beweist, dass die Luftmoleküle infolge der Absorption der Strahlen zersetzt werden, so dass unter Umständen die Luft zu einem elektrischen Leiter wird. Nach Experimenten von Arrhenius[1]) und Stoletow[2]) vermag die Beleuchtung der Luft durch ultraviolette Strahlen sie leitungsfähig zu machen. Wir sind somit gezwungen, anzunehmen, dass die Nordlichtstrahlung den Molekularzustand der Luft, welche sie durchdringt, beeinflusst, so dass sie leitend wird und infolgedessen elektrische Ströme hervorruft, wenn Potentialdifferenzen vorhanden sind. Man versteht dann, dass grosse Nordlichter erscheinen können, in welchen sich Ströme von geringer Intensität entwickeln können.

Nach dieser Erklärung muss die Bewegung der Nordlichter die Intensität der Ströme wesentlich beeinflussen. Und in der That, stellen wir uns z. B. eine Nordlichtdraperie vor, welche ganz und gar unbeweglich ist und in der vollkommen ruhigen Luft ausgebreitet ist! Es entwickeln sich hier nur Ströme, bis alle Teile des Nordlichtes dasselbe elektrische Potential erhalten haben, und dieser Zustand des elektrischen Gleichgewichtes wird andauern, wenn nicht äussere elektrische Kräfte oder Änderungen des magnetischen Feldes die Gleichheit des Potentials stören. Wenn aber das Nordlicht beweglich ist, werden die Ströme durch die Bewegung unterhalten, und muss die Intensität der elektrischen Ströme im Nordlichte proportional der Geschwindigkeit sein, mit welcher sich die Erscheinung bewegt.

Die Erfahrungen, welche wir in Godthaab machten, zeigen auch, dass die Nordlichter ohne Bewegung oder mit nur schwacher Bewegung bloss einen schwachen oder gar keinen Einfluss auf die Nadel haben. Ebenso bemerkt auch Weyprecht in seinen »Nordlichtbeobachtungen«, dass unbewegliche Nordlichter keinen Einfluss auf die Ablenkung der Nadel haben. Dagegen stimmen alle Beobachter, welche in arktischen Gegenden magnetische Beobachtungen machten, darin überein, dass die schnell bewegten Nordlichter die grössten Bewegungen der Magnetnadel hervorrufen. In Godthaab haben wir oft konstatiert, dass die Pendelbewegungen von Nordlichtdraperien von korrespondierenden Schwankungen der Magnetnadel begleitet sind, und je grösser die Bewegungen des Nordlichtes sind, umso grösser sind auch die Nadelschwankungen.

Die Verlagerung des Nordlichtes geschieht oft mit grosser Geschwindigkeit. Wir wissen nur wenig über den Wert dieser Geschwindigkeit. Messungen, die zu Godthaab und Nanortalik (Westküste von Grönland bei Kap Farewell) gemacht wurden, geben für die Bewegung der Nordlichtbögen eine Geschwindigkeit von 40—50 *m* pro Sekunde für die Komponente im magnetischen Meridiane. Da aber nur die Ränder von Bögen mit scheinbar schwacher Bewegung gemessen wurden, so muss dieses Resultat weit entfernt sein, die maximalen Geschwindigkeiten eines Nordlichtes zu geben. Wenn nach unserer Annahme der Ort, von welchem aus die Strahlen ausgesendet werden, in der oberen Atmosphärenschicht liegt, muss die Bewegung eines Nordlichtes die Bewegung der höchsten Luftschichten repräsentieren. Jesse konnte mit grosser Genauigkeit die Höhe und die Geschwindigkeit der sogenannten leuchtenden Wolken bestimmen. Die Höhe derselben war etwa 80 *km*, und ihre Geschwindigkeit erreichte Werte zwischen 120 und 300 *m* pro Sekunde.

Als Ursprungsort für die Nordlichtstrahlung nehme man eine negative elektrische Schicht an, welche in den obersten Atmosphärenhöhen aus-

---

[1]) Wiedem. Ann. **39**. p. 332.

[2]) Compt. rend. **106**. p. 1149. Journ. de Phys. **9**. (II) p. 468; Compt. rend. **108**. p. 1241.

gebreitet ist. Man weiss ja, dass nur der negative Pol elektrische Strahlen aussenden kann. Da aber die Elektrizität an Materie gebunden sein muss, muss auch ihre Verteilung von den Bewegungen der oberen Luftschichten abhängen. Wenn nun die elektrischen Massen nicht derart verteilt sind, dass sie in allen Punkten der Atmosphäre, die sie einschliessen, dasselbe Potential geben, muss sich ihr Vorhandensein durch Änderungen im Potential der Luft anzeigen. Nun haben wir auch gesehen, dass beim Erscheinen grosser Nordlichter das Potential der Luft nahe am Erdboden kleiner wird, und die Beobachtungen von Vedel beweisen, dass bei Nordlichtvorhängen das Luftpotential nach oben hin kleiner wird.

Im allgemeinen nimmt man zur Erklärung des Luftpotentials das Vorhandensein einer negativen Elektrizitätsmenge auf der Erdoberfläche an. Wenn diese Elektrizitätsschicht nicht durch Influenz äusserer Massen beeinflusst ist, muss sie sich gleichförmig auf der Erdoberfläche ausbreiten, und es könnte nur die Wegführung der Elektrizität durch Wasserdampt das Potentialgefälle an der Erdoberfläche beeinflussen. Unter diesen Umständen wäre der Mittelwert des Potentialgefälles in den Polargegenden am grössten, in den Tropen am kleinsten. Man weiss, dass es umgekehrt ist, woraus folgt, dass eine Anhäufung negativer Elektrizität in den höheren Luftschichten an den Polen stattfindet.

Die Nordlichtstrahlung, von welcher wir vorausgesetzt haben, dass sie von den mit negativer Elektrizität geladenen Molekülen ausgesendet werde, ruft einen Energieverlust hervor, welcher nach dem Gesetze von der Erhaltung der Energie nur stattfinden kann, wenn durch äussere Kräfte Energie aufgebraucht wird.

Es scheint mir zweifellos, dass die Nordlichtenergie ihren Ursprung auf der Sonne hat. Das beweist das Maximum der Nordlichthäufigkeit in den ersten Stunden der Nacht und die wohl konstatierte Abnahme der Intensität der Nordlichterscheinungen während der Nacht, woraus folgt, dass die Quelle der Energie, in welcher das Nordlicht seinen Ursprung hat, im Laufe des Tages wiederkehrt. Ausserdem beweist es auch die elfjährige Periode der Sonnenthätigkeit und die des Nordlichtes.

Man hat vergebens versucht, die Nordlichterscheinung aus magnetischen und elektrischen Kräften der Sonne zu erklären. Wenn die Energie, von welcher das Nordlicht herrührt, durch eine Wirkung der Sonnenstrahlen hervorgerufen würde, dann müsste wohl am Äquator seine Entfaltung am stärksten sein. Da nun aber das Polarlicht nur selten in niederen Breiten und nur nach Sonnenuntergang auftritt, müsste die Nordlichtstrahlung von einer aufgespeicherten Energie herrühren. Ich nehme nun an, dass infolge der Sonnenstrahlung die elektrisierten Moleküle Energie aus den Sonnenstrahlen aufnehmen und diese aufgespeicherte Energie durch das Polarlicht aufgebraucht werde. Nach dieser Hypothese ist die Energie des Polarlichtes in den elektrisierten Molekülen am grössten in den Tropen, aber es ist durchaus nicht nötig, dass diese Energie auch wieder verloren gehe. Die gegenseitige Wirkung zwischen den gleichen Molekülen kann nicht ihre Qualität ändern. Wir nehmen nun an, dass diese potentielle Energie transformiert werde unter der Form von Nordlichtstrahlen in aktuelle Energie, besonders unter dem Einflusse der gegenseitigen Kräfte zwischen den elektrisierten Molekülen, welche isoliert wurden, und denen, welche noch nicht Sonnenenergie aufgespeichert haben. Wenn nun, infolge der Bewegungen in den oberen Schichten der Atmosphäre, die isolierten Moleküle gegen die Polargegenden geführt werden, mengen sie sich unter die nicht isolierten und verlieren hier unter der Form der Nordlichtstrahlung ihre aufgespeicherte Energie. Da, wo dieser Verlust ein Maximum erreicht, befindet sich die eigentliche Zone des Polarlichtes; ausserhalb dieser verringert sich die Energie, und die Nordlichter werden weniger häufig. Auf diese Weise hängt also die Zone des Polarlichtes nur von den Bewegungen in den oberen Regionen der Atmosphäre ab. Es ist also nur zufällig, dass diese Zone den magnetischen Pol einschliesst, aber es ist vielleicht nicht

zufällig, dass die Zentralaxe dieser Zone zusammenfällt mit der Axe des niederen Luftdruckes, der sich von der Südspitze Grönlands bis nach Spitzbergen hinzieht.

Die Erklärung der Wirkung der leuchtenden Strahlen von hoher Brechbarkeit auf die mit negativer Elektrizität geladenen Moleküle, als verursacht durch die Absorption der lebendigen Kraft der Strahlen, ist eine Hypothese, die schwer festgestellt werden kann. Es wird schwer sein, Experimente mit grösseren Mengen von Molekülen, die mit negativer Elektrizität geladen in einem grossen Raume ausgebreitet und jeder äusseren Wirkung entzogen sind, anzustellen. Man weiss übrigens, dass die Wirkung des Lichtes auf die negative Elektrizität von der Natur des geladenen Körpers abhängt. Der Wert der Hypothese, die ich aufzustellen wagte, muss in der Übereinstimmung zwischen den Folgerungen, welche man daraus ziehen kann, und den Thatsachen gesucht werden.

Wir haben vorausgesetzt, dass die elektrischen Moleküle, welche durch die Sonnenstrahlung Nordlichtenergie aufgespeichert haben, aus den Äquatorealgegenden gegen die Pole geführt werden. Es kann sein, dass sie durch atmosphärische Strömungen dorthin geführt werden, aber es ist auch möglich, dass die Energie, welche sie aufgespeichert haben, die ursprünglichen Repulsivkräfte zwischen den Molekülen verändere, so dass Bewegungen durch die elektrischen Kräfte hervorgerufen werden. Wenn die elektrisierten Moleküle, welche die Nordlichtenergie enthalten, gegen die Polargegenden geführt werden, mischen sie sich unter noch nicht elektrisierte Moleküle, und unter der Form der Strahlung verlieren sie ihre aufgespeicherte Energie. Bei uns beginnen die Polarlichter stets im Norden, und von hier entwickelt sich die Erscheinung gegen das Zenith. Wenn ein Polarlicht beginnt, verlieren die Moleküle, welche isoliert wurden, nach unserer Hypothese ihre aufgespeicherte Energie und erregen neue Moleküle, welche ihre Energie, die sie in niederen Breiten absorbierten, noch enthalten. So entwickelt sich das Polarlicht nach rückwärts und erhebt sich gegen das Zenith. In niederen Breiten kann also eine grosse Ausdehnung des Polarlichtes von Norden gegen Süden, wie von Osten gegen Westen auftreten.

Ein Strom aber, welcher die elektrisierten Moleküle vom Äquator gegen den Pol führt, muss notwendig herabsteigen. In den hohen Breiten, wo sich diese absteigende Bewegung findet, kann somit auch die Erscheinung keine grosse Ausdehnung von Nord gegen Süd haben. Man weiss auch, dass in der sogenannten Polarlichtzone das Polarlicht seine Ausdehnung in einer Richtung parallel zu dieser Zone hat. Da die Polarlichtstrahlen augenscheinlich nach den Kraftlinien des erdmagnetischen Feldes angeordnet sind, werden auch die Formen des Polarlichtes in den arktischen Gegenden beinahe vertikal sein, und die Erscheinung kann hier bis zu den tiefsten Schichten der Atmosphäre herabsteigen.

Es folgt aus unserer Hypothese, dass eine grosse Nordlichtthätigkeit in den niederen Breiten deren Intensität in den arktischen Gegenden schwächen muss. Und das zeigt auch die von Tromholt ausgesprochene Thatsache des Gegensatzes zwischen der Polarlichthäufigkeit in niederen und hohen Breiten.

Ebenso hat Tromholt für die Westküste Grönlands gezeigt, dass das Maximum des jährlichen Ganges des Polarlichtes auf die Mitte des Winters fällt, in mittleren Breiten ist um diese Zeit das Minimum.

Ich habe übrigens gezeigt, dass ein analoger Gegensatz im täglichen Gange sowohl der Häufigkeit, als auch der Intensität der Störungen der Deklination in den gemässigten und arktischen Gegenden besteht. Der Parallelismus zwischen dem Verhalten der Deklination und der Polarlichtthätigkeit während des Tages bestätigt die Allgemeinheit der von Tromholt gefundenen Thatsache bezüglich des Gegensatzes zwischen Polarlichthäufigkeit in niederen und höheren Breiten.

Die negative elektrische Schicht, von welcher wir vorausgesetzt haben, dass sie der Ausstrahlungsort für die Polarlichtstrahlung sei, kann

nicht durch irdische Ursachen hervorgebracht sein, da sich die entsprechende positive Elektrizität nicht vorfindet.

Man kann annehmen, dass die Trennung der zwei Elektrizitäten, von welchen die negative in den oberen Luftschichten verbleibt, durch eine kosmische Änderung, z B. durch die Trennung von Erde und Sonne, hervorgerufen wurde. Wie immer aber auch diese Elektrizität entstanden sein mag, sie musste sich im Momente ihres Entstehens über die Grenzen unserer Atmosphäre ausbreiten.

Wir wissen, dass in den arktischen Ländern die Polarlichter bis zu den Berggipfeln herabsteigen können. Man kann also annehmen, dass die negative Ladung der Erde, welche man zur Erklärung des Luftpotentiales annimmt, ihren Ursprung in den Polarlichtern hat.

In einer Abhandlung: »Über das Spektrum des Nordlichtes«, drückt sich Angström so aus: »Das Spektrum des Nordlichtes setzt sich aus zwei Spektren zusammen, welche gleichzeitig erscheinen, die aber höchstwahrscheinlich keineswegs einen verschiedenen Ursprung haben.

Das eine ist durch das gelbe Licht hervorgebracht, von welchem selbst die schwächsten Nordlichter immer begleitet sind. Manchmal, in den wolkenlosen Winternächten, bemerkt man dieses Licht an allen Punkten des Himmelsgewölbes.

Das andere Spektrum besteht aus Linien oder Bändern eines sehr schwachen Lichtes, welches selbst nicht einmal bei sehr starken Nordlichtern hinreichende Intensität erreicht, um ihre Lage mit einer gewissen Annäherung bestimmen zu können.«

Angström nimmt an, dass die schwachen Banden, welche das zweite Spektrum ausmachen, durch elektrische Ströme hervorgebracht sind, da mehrere dieser Banden augenscheinlich mit den Linien des Spektrums des negativen Poles übereinstimmen. Weitere Erfahrungen, welche von verschiedenen Physikern und Astronomen gemacht wurden, bestätigen diese Ansicht, und man wird im allgemeinen diesen Teil des Nordlichtspektrums als eine Modifikation des Luftspektrums zu betrachten haben.

Für die charakteristische Linie, welche man in jedem Nordlichtspektrum vorfindet, hat Angström die Ansicht ausgesprochen, dass »die einzig mögliche Erklärung der gelben Linie die Fluoreszenz oder Phosphoreszenz sei. Da die Fluoreszenz durch ultraviolette Strahlen hervorgebracht werden kann, so ist es leicht, eine elektrische Entladung anzunehmen, welche vielleicht zu schwach zum Leuchten, doch genügend reich an ultraviolettem Lichte sein könnte, um ein stärkeres Fluoreszenzlicht hervorzubringen.«

Diese Erklärung der charakteristischen Nordlichtlinie ist nicht allgemein angenommen. Wenn man das Nordlicht als eine durch elektrische Ströme hervorgebrachte Erscheinung auffasst, dann würde es schwer sein, in der Fluoreszenz der Luft die Ursache dieser Linie zu suchen. Man hat nie die geringste Spur dieser Linie im Spektrum elektrischer Entladungen durch verdünnte Luft gesehen. Wie kann man annehmen, dass diese Linie im Nordlichtspektrum stets die vorherrschende sei, während dort die anderen Linien immer sehr schwach sind, wenn sie überhaupt erscheinen? Man hat die Ansicht ausgesprochen, dass die gelblichgrüne Linie ihre Existenz einem unbekannten Gase verdanke, »vielleicht von sehr kleinem spezifischen Gewichte, derart, dass es sich nur in den höheren Schichten der Atmosphäre vorfände.« Die Nordlichter können aber bis zu den tiefsten Schichten der Atmosphäre herabsteigen; das Licht derselben ist aber gerade gegen die Basis des Phänomens hier stärker, und die Intensität der Hauptlinie ist immer am grössten in den leuchtendsten Teilen des Polarlichtes. Im allgemeinen kommt man also zu dem Resultate, dass die Ursache der charakteristischen Linie des Nordlichtes unerklärt bleibt.

Anderseits ist die Erklärung, welche Angström von dieser Linie gegeben hat, als herrührend von einer Fluoreszenz der Luft, eine notwendige Folgerung aus der Erklärung, welche ich für die Natur des Nordlichtes gegeben habe. Es ist übrigens nicht die Lichtentwickelung der voraus-

gesetzten elektrischen Ströme, durch welche die Fluoreszenz hervorgebracht wird, sondern die Absorption der angenommenen Strahlung. Was nun das andere Spektrum betrifft, welches immer schwach ist, so weist unsere Hypothese, ebenso wie die allgemein angenommene Erklärung, sein Auftreten elektrischen Strömen als Ursache zu. Da aber diese nur ein sekundärer Polarlichteffekt sind, so besteht das Polarlicht in Wirklichkeit nur aus der gelblichgrünen Linie, welche im Jahre 1867 durch Angström entdeckt wurde.

Wolkenbildung durch das Nordlicht. A. Paulsen macht auf die auffallende Ähnlichkeit gewisser Wolkenformen mit Nordlichtformen aufmerksam[1]), die so gross ist, dass es bisweilen unmöglich wird, mit Sicherheit zu entscheiden, ob es sich um Wolken oder Nordlicht handelt. Nach Paulsen's Ansicht sind alle für nebel- und wolkenähnliche Nordlichter angesehenen Phänomene nur gewöhnliche, aus Wassertröpfchen oder Eiskrystallen bestehende Wolken, die durch das Nordlicht gebildet und beleuchtet werden.

Paulsen verwirft die Hypothesen, die den Ursprung des Nordlichtes auf die Wirkung von elektrischen Strömen zurückführen, (vergl. S. 353) er sieht das Polarlicht vielmehr an als ein durch eine Absorption von Strahlen hervorgerufenes Phänomen und sagt: »Die Eigenschaften der Kathodenstrahlen bieten so viele Analogien mit denen des Nordlichtes dar, dass, mindestens nach unseren jetzigen Kenntnissen der Sache, eine Absorption von Kathodenstrahlen in der Atmosphäre die nämlichen Phänomene hervorbringen würde als das Nordlicht. Die Kathodenstrahlen werden bekanntlich von der freien Luft unter Lichtentwickelung absorbiert. Wir wissen nach Lenard's Untersuchungen, dass das Absorptionsvermögen der Luft für Kathodenstrahlen in einfachem Verhältnisse zu der Dichte steht, so dass vertikale Strahlen, die von den äussersten Grenzen der Atmosphäre kommen, meilenweite Strecken ohne merkbare Absorption durchlaufen können, und dass daher eine kräftige Absorption in den relativ tieferen Schichten, wo die ganze Energie der Strahlen unter Fluoreszenzentwicklung abgegeben wird, stattfinden kann. Wir wissen nun, was ich früher nur als hypothetisch angenommen hatte, dass die durch die Kathodenstrahlen fluoreszierende Luft ein Leiter für elektrische Ströme ist, oder, wie Lenard in einem Briefe an mich sich ausdrückt, dass »die durch Kathoden strahlende fluoreszierende Luft stark leitend ist.« Wenn also Hunderte von Kilometern lange Strecken der Atmosphäre plötzlich stark leitend werden, müssen elektrische Ströme durch die in der Luft vorhandenen Potentialdifferenzen entstehen. In den arktischen Gegenden sind die Nordlichter oft ganz lokale Phänomene. Es ist unter diesen Umständen verständlich, dass elektrische Ströme von einiger Stärke nicht entstehen können, wenn das Nordlicht in Ruhe ist, wogegen die Bewegungen des Nordlichtes elektrische Ströme, deren Intensität mit der Geschwindigkeit wachsen muss, veranlassen.

Sind die Nordlichtstrahlen von derselben Natur wie die Kathodenstrahlen, so muss das Nordlicht unter geeigneten Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft Wolken hervorbringen. Wie wir nämlich wissen, bringt die Absorption der Kathodenstrahlen in der Luft eine reichliche Entwickelung von Ozon hervor.

Leitet man durch elektrische Ausladung ozonierte Luft durch ein mit Wasser auf der inneren Seite befeuchtetes Rohr, so bildet sich ein starker, weisser Nebel, »der so dick sein kann, dass das Gefäss oberhalb des Wassers fast undurchsichtig wird, wenn es mit der nebeligen Luft sich ausfüllt« (Meissner, Untersuchungen über den Sauerstoff, p. 20). Diese

---

[1]) Meteorolog. Zeitschrift 1895. Gaea 1895. p. 526.

Nebelbildung wird durch das bei der Gegenwart von Ozon gebildete Wasserstoffhyperoxyd hervorgebracht. Bekanntlich wird die Entwickelung von Ozon durch die Einwirkung niederer Temperaturen in sehr hohem Grade beschleunigt.

Wird daher Ozon durch die Absorption der Nordlichtstrahlen in der Atmosphäre gebildet, so müssen Nebel oder Wolken entstehen, wenn die Luft feucht ist. Man könnte vielleicht den Einwurf machen, dass in den grossen Höhen, wo die Nordlichter gewöhnlich sich entfalten, die Temperatur der Luft so niedrig ist, dass, selbst wenn die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, die Dampfmenge beinahe Null sein würde. Man muss sich aber erinnern, dass die Luft in diesen Höhen als absolut frei von Staub betrachtet werden kann, und dass daher die Wasserdämpfe nicht in flüssige oder feste Form übergehen können. Die Luft kann daher im Verhältnisse zu ihrer Temperatur ausserordentlich grosse Mengen von Dampf enthalten, die weit die ihrem Sättigungspunkte entsprechende Menge überschreitet. Werden dann in solcher übersättigter Luft durch Absorption von Nordlichtstrahlen grosse Massen von Ozon entwickelt, so werden die Dämpfe zu Nebeln und Wolken verwandelt.

So verstehen wir, dass, wenn die Luft trocken ist, ein schwaches, über einem grösseren Teile des Himmels ausgebreitetes Nordlicht wie eine Tageshelle hervortritt, während dasselbe Nordlicht, wenn die Luft feucht ist, wie schwach leuchtende Wolken erscheint, und dass, unter diesen Umständen, der Himmel wie mit einem Wolkenschleier überzogen wird. Wir verstehen so auch, dass die anscheinend selbstleuchtenden Nebel, die gewöhnlich den Raum zwischen den Bogen ausfüllen, wirkliche Nebelmassen sind, die von dem Nordlichte gebildet und beleuchtet werden, nicht aber eine besondere Form des Nordlichtes oder, wie Weyprecht es meint, eine eigentümliche »Lichtmaterie«, an welche das Nordlicht »gebunden« ist. Die Rauchsäulen ähnlichen Nordlichter, die Payer, Weyprecht, Holm und andere gesehen haben, sind also nicht wirkliche Formen des Nordlichtes, sondern Wolken, die, wenn die Gegenden der Atmosphäre, wo das Nordlicht sich entfaltet, mit Wasserdampf übersättigt sind, von dem Nordlichte gebildet werden, und durch welche das Licht des Nordlichtes wie durch gewöhnliche Wolken strahlt.

Auch das Erscheinen von Wolken nach dem Erlöschen eines Nordlichtes wird uns durch die Entwickelung von Ozon verständlich; anderseits verstehen wir auch, warum diese Wolkenbildung nicht ein Phänomen ist, das immer dem Nordlichte folgt.

Bei vollem Mondscheine sehen wir also gewöhnlich nur die von dem Nordlichte selbst gewebte Wolkenkleidung, in die es sich einhüllt. Daher können wir unter solchen Umständen ruhig stehende Nordlichtbogen von Wolken derselben Form nicht unterscheiden.

Verf. erwähnt nun einige eigentümliche Lichtphänomene, die sich ebenfalls durch Wolkenbildung erklären lassen. Die grossen Vorhänge sind meistens in einer undulatorischen Bewegung. Wenn nun die durch diese Undulationen entstehenden Falten sich gegen den Beobachter bewegen, treten diese Teile des Vorhanges mit einem besonders intensiven Lichte hervor, während die Falten, die eine entgegengesetzte Bewegung haben, dunkler erscheinen, als ob die ersteren Schatten auf die anderen würfen. Dieses Phänomen lässt sich nicht durch wirkliche Verschiedenheiten in der Lichtintensität erklären; denn denken wir uns zwei Beobachter, der eine nördlich und der andere südlich von einem Vorhange, so sieht der eine die nämlichen Falten als die leuchtendsten, die dem anderen als die dunkelsten erscheinen, und umgekehrt, was ja nicht von einer Verteilung der wirklichen Lichtstärke herrühren kann. Diese Lichtverteilung lässt sich nur erklären durch das Dasein eines trüben Mittels zwischen den rückwärts gehenden Falten und dem Beobachter; wenn die Falten sich gegen den Beobachter bewegen, werfen sie ihre Kleidung zur Seite, und

das Nordlicht tritt so entblösst in seiner vollen Schönheit dem Beobachter hervor.

Auch die sogenannten »Lichtwellen«, die Weyprecht für Bewegungen der »Lichtmaterie«, die meisten anderen Nordlichtforscher für Blitze zwischen den verschiedenen Teilen des Nordlichtes halten, finden durch die Wolkenbildung ihre ganz ungezwungene Erklärung. Ich gebe hier Weyprecht's Beschreibung über dieses Phänomen, die ganz mit dem, was ich selbst gesehen habe, übereinstimmt.

»In den meisten Fällen findet eine eigentümliche Lichtbewegung in den Bändern statt. Es wälzen sich nämlich Lichtwellen mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit und Intensität der Länge nach durch das Band. Dies geschieht ziemlich gleichmässig in der ganzen Breite. Diese Wellen gehen immer von dem einen oder anderen Ende aus und durchlaufen das Band in seiner ganzen Länge. Bei genauer Betrachtung sieht man, dass die einzelnen Strahlen heller aufleuchten, sobald sie die Lichtwelle trifft. Die Raschheit und Intensität, mit welcher sich die Wellen folgen, ist ebenso verschieden wie die Form und Intensität der Bänder selbst. Besitzen die letzteren nur geringe Bewegung, so sind die Lichtwellen kaum mehr bemerkbar, die ganze Erscheinung ist dann wie stagnierend. Wächst dieselbe, so wälzen sich die Wellen langsam und schläfrig von einem Ende zum anderen. Dies kann so zunehmen, dass sie mit enormer Geschwindigkeit der ganzen Länge nach durchhuschen . . . Besteht das Band aus Lichtmaterie (diffuses Licht), so nehmen seine Bänder beim Durchlaufen eine undulatorische Bewegung an, ähnlich einem stellenweisen Überfliessen und Zurückweichen des Lichtes. Besteht es dagegen aus Strahlen, so geraten die Ränder in hüpfende Bewegung. Sie sehen dann unregelmässig zackig aus, während sie im ersten Falle in kurzen Wellen gekrümmt erscheinen. Man glaubt zu sehen, wie sich einzelne Strahlen verlängern und verkürzen, wenn sie die Lichtwelle trifft. Beide Erscheinungen sind um so ausgesprochener, je rascher die Wellenbewegung ist . . . Ist das Band in Windungen verschlungen, so kann man die gleiche Lichtwelle durch sämtliche Windungen verfolgen . . . Am veränderlichsten ist die Lichtintensität der Bänder. Während einzelne Stellen derselben hier und da im höchsten Glanze aufstrahlen, können andere fast bis zur Unsichtbarkeit einschrumpfen. Oder es kann ein ganzes Band, das nahezu verschwunden war, bald darauf wieder in voller Pracht aufleuchten.«

Wir sehen also, dass die sogenannten »Lichtwellen«, das heisst Flecken von grösserer Lichtintensität, welche das Nordlicht durchlaufen, nur zum Vorscheine kommen, wenn das Nordlicht in Bewegung ist, und dass die Geschwindigkeit der Bewegung von der des Nordlichtes abhängig ist. Dieses Lichtphänomen erklärt sich nach meiner Meinung ganz einfach dadurch, dass, wenn das Nordlicht durch seine Bewegung seine Wolkenbekleidung zerreisst, wir durch die Risse die entblössten Teile des Nordlichtes beobachten. Durch die Bewegung sieht es dann aus, als ob eine Lichtwelle sich durch die ganze Länge des Nordlichtes bewegte; wir sehen aber in der Wirklichkeit nur die einzelnen Teile des Nordlichtes das Wolkenloch passieren. Da der Rand durch die Undulationen in schlangenförmige Bewegung gesetzt wird, sieht es durch das Wolkenloch aus, als ob die lichtstarke Stelle, die anscheinend das Nordlicht durchläuft, die Ränder in hüpfende Bewegung setze. So verstehen wir auch, warum einzelne Stellen eines Bandes hier und da im höchsten Glanze aufstrahlen, während andere fast unsichtbar sind, um bald darauf wieder in voller Pracht aufzuleuchten.

Die anscheinende Lichtstärke kann also ebensowenig wie die durch die Bewegung entstehenden magnetischen Wirkungen massgebend für die wahre Intensität ein Nordlichtes sein. Denken wir uns ein Nordlicht ganz ruhig stehend, so wird es nach und nach ganz in seine Nebeltracht eingehüllt, und je intensiver der Nordlichtprozess ist, desto mächtiger wird auch der von dem Nordlichte hervorgebrachte Nebel. Ein solches Nordlicht

muss daher ein diffuses Aussehen haben, ohne scharfe Ränder, obschon, wie gesagt, die wahre Intensität sehr gross sein kann. Durch diese Betrachtung wird es uns auch verständlich, warum, wie Weyprecht sehr richtig bemerkt, »fast alle Erscheinungen, welche einen verschwommenen Charakter haben, keine Wirkung auf die Magnetnadel ausüben.«

Ist das Nordlicht, wie wir es angenommen haben, ein durch Absorption von Strahlen hervorgebrachtes Phänomen, so muss die wahre Intensität allein durch die Grösse der Absorption oder durch die Strahlenmenge bestimmt sein. Wächst also die Intensität, wird dies allein durch eine reichlichere Emission von Strahlen, die nicht von dem Nordlichte, sondern von Teilen in den obersten Gegenden der Atmosphäre ausgesandt werden, hervorgebracht. Nun erweist die Erfahrung, dass, wenn ein Band anfängt, breiter zu werden und (anscheinend) Strahlen auszusenden, auch gleichzeitig die Intensität aller anderen Nordlichtphänomene vermehrt wird, während im allgemeinen neue Erscheinungen auf dem Himmel hervortreten. Eine Verstärkung der Intensität des Nordlichtprozesses findet also gleichzeitig über einem grossen Raume statt, so dass auch aus diesem Grunde starke Lichtvariationen in den verschiedenen Teilen eines Vorhanges oder eines anderen lokalen Nordlichtphänomens nur scheinbar und nicht eine Folge von Variationen in der wahren Lichtstärke sein können.

In der durch die Nordlichter hervorgebrachten Wolkenbildung können wir auch die Erklärung der periodischen Änderungen der Menge der Cirri und der grossen Sonnen- und Mondringe finden, welche Gebilde, nach den Untersuchungen von Hahn, Klein, Stark u. a., am häufigsten auftreten, wenn die Nordlichter und Sonnenflecke ihren Maximis nahe sind.«

20. Optische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Luftspiegelung auf Rügen[1]. Von Sassnitz auf Rügen wird berichtet: Eine höchst wunderbare Luftspiegelung konnte man kürzlich vom hiesigen Meeresufer aus beobachten. Es war ein ziemlich schwüler Tag, und vom Festlande her ein Gewitter im Anzuge. Das Meer war totenstill und von einer undurchsichtigen weissen Dunstmasse bedeckt, durch welche die Sonnenstrahlen nicht hindurchzudringen vermochten. Abends nach 7 Uhr nun zerteilten sich die Dunstmassen und, von den Strahlen der Abendsonne beschienen, sah man das drei Seemeilen entfernte Göhren'sche Vorgebirge mit samt dem Badeorte Göhren hoch oben in der Luft schweben, und zwar so deutlich, dass man genau eine Strasse des Ortes erkennen konnte. Die etwa 24 Seemeilen entfernte Insel Greifswalder Oie mit dem darauf befindlichen Leuchtturme, der Mühle und den Gebäuden schien um mehr als die Hälfte näher gerückt und ebenfalls in der Luft zu schweben, so dass man die einzelnen Gegenstände deutlich unterscheiden konnte. Ungefähr 15 Minuten dauerte die Erscheinung, als sich die Dunstmassen langsam verschoben, und das Phantom wieder in nichts zerrann. Doch gleich darauf zerteilten die Sonnenstrahlen abermals den Nebel, und über den Greifswalder Boden hinweg sah man in weiter Ferne am Horizonte eine grosse Stadt mit unzähligen Häusern und Türmen, hinter denen eine grössere Anzahl von Fabrikschornsteinen sichtbar waren, emportauchen. In dieser Stadt wollen verschiedene Zuschauer mit

[1]) Gaea 1895. p. 498.

Bestimmtheit Stettin erkannt haben. Die ganze Erscheinung währte nur einige Minuten und war nicht ganz so deutlich, wie die beiden vorhergehenden. Hiesige Einwohner, die sich gerade auf erhöhten Punkten des Strandes oder der Promenade befanden, betrachteten staunend die wunderbare Erscheinung. — Hierbei sei noch erwähnt, dass Fischer der nahen Halbinsel Vittow vor vielen Jahren einmal auf offener See während des Fischfanges eine ähnliche Fata morgana beobachteten, in welcher einige unter ihnen an besonderen Merkmalen die Stadt Kopenhagen erkannten (?).

Das Alpenglühen. Prof. Amsler-Laffon hat eine Theorie des Alpenglühens aufgestellt, welche von Dr. Maurer zu gunsten der früheren Anschauungen von Wolf und v. Bezold zurückgewiesen wird[1]). Bei klarem Wetter und dem Auftreten eines vollkommenen Alpenglühens erkennt man drei (meist) getrennte Phasen dieses reizvollen, herrlichen Naturschauspieles: Um die Zeit des Sonnenunterganges für die Ebene, bei einer Zenithdistanz des Sonnenzentrums von etwa 88^{0}, sieht man die Spitzen der Hochalpen zuerst rötlich gefärbt, es ist die regelmässige Abendbeleuchtung des noch über dem Horizonte der ersteren befindlichen Tagesgestirnes. Kurze Zeit, wenige Minuten gewöhnlich nur, nachdem sie erloschen, erscheinen die Berge zum zweiten Male erleuchtet, in tieferen, oft ziemlich lebhaft fleischroten Ton übergehend. Diese Erscheinung, das zweite Erglühen, wo die wahre Zenithdistanz der Sonne nur um weniges grösser geworden ist wie 90^{0}, und dieselbe daher immer noch über dem natürlichen, durch die Depression merklich erweiterten Gesichtskreise der Hochgipfel steht, bezeichnet man gewöhnlich in der Schweiz als das eigentliche Alpenglühen. Typisch für diese zweite Rosafärbung ist, dass sie oft viele Hunderte von Metern unterhalb der Spitzen beginnt und dann langsam den Berg von unten nach oben überzieht. Endlich wiederum nur eine kurze Spanne Zeit nachher, nachdem die Gipfel der Bergesriesen zum zweiten Male erblasst sind, können sie nochmals, je nach den Umständen bald stärker, bald schwächer, oft mit schwachgelblich bis zur purpurnen Färbung sich steigernder Tinte übergossen werden, die meist erst nach beträchtlich längerer Zeit erlischt, und deren Verlauf vom Beginne bis zum Ende einer Sonnentiefe von vier bis neun Grad entspricht.

Diese dritte und letzte Färbung, das richtige »Nachglühen«, ist in den französisch sprechenden Landesteilen der Schweiz unter dem Namen der »Rekoloration« sehr wohl bekannt; schon vor mehr als 60 Jahren hat sich der treffliche Genfer Beobachter Necker de Saussure mit derselben beschäftigt bei Gelegenheit einer Beobachtung des vollkommenen dreifachen Alpenglühens am Montblanc und den umliegenden Bergen, das er mit aller für die damalige Zeit nur wünschbaren Präzision beschreibt.

[1]) Meteorolog. Zeitschrift 1895. Augustheft.

Um die physikalische Erklärung der eben erwähnten drei verschiedenen Phasen des Alpenglühens auf ein sicheres Beobachtungsmaterial stützen zu können, ersuchte Prof. Amsler den vormaligen Beobachter der meteorologischen Station auf St. Beatenberg, Pfarrer Dumermuth, während einiger Monate das Alpenglühen in den Berner Hochalpen sorgfältig zu verfolgen und die notwendigen Zeitangaben zu erheben für das Ende des ersten Glühens, und eintretendenfalls für den Anfang und das Ende des zweiten und dritten Glühens; sodann besonders darauf zu achten, ob bei der zweiten Phase die Beleuchtung wirklich von einem tieferen Punkte an aufwärts zur Spitze fortschreite. Dumermuth hat diese Beobachtungen mit grosser Sorgfalt während der Monate Dezember 1893 bis Anfang Februar 1894 ausgeführt und innerhalb dieses Zeitraumes von nicht ganz zwei Monaten ein entschiedenes zweites Glühen, vollständig mit Anfang und Ende, zweimal am 5. und 6. Februar 1894, ein vollständiges drittes Glühen im ganzen jedoch elfmal notiert. Als Mittelwerte ergeben sich aus dieser wertvollen Serie die nachstehenden Daten für die respektiven wahren Zenithdistanzen Z des Sonnenzentrums (ohne Refraktion):

	1. Glühen	2. Glühen		3. Glühen	
	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende
Z =	89° 37′	90° 35′	92° 00′	94° 06′	99° 05′

Da die Depression des Horizontes für die Gipfel der Berner Oberländer-Alpen ungefähr 2° beträgt, so kann demnach der Mittelpunkt der Sonne beim Beginne des dritten Glühens um etwa 2°, dagegen um volle 7° beim Aufhören desselben unterhalb der die Erdoberfläche im Westen berührenden Ebene des natürlichen Horizontes liegen, welche durch die Gipfel der Hochalpen geht und senkrecht zur Vertikalebene des Sonnenstrahles steht.

Zur Erklärung dieser Aufeinanderfolge ruft Prof. Amsler-Laffon eine anomale Verteilung der Luftdichte in ihren übereinander lagernden Schichten zu Hilfe, welche man bekanntlich bei Erklärung der Luftspiegelungen herbeizieht. Wenn die Luftschichten in der Nähe des Erdbodens durch die Sonnenstrahlen sehr erhitzt sind, nimmt bisweilen die Dichte der Luft mit der Höhe zu, erreicht in einer gewissen Höhe ihr Maximum und nimmt dann wieder wie gewöhnlich ab. Die Bahn eines gebrochenen Lichtstrahles wendet ihre konvexe Krümmung stets der Seite des weniger dichten Mediums zu, sie würde also im angenommenen Falle in den unteren Luftschichten konvex, in den oberen konkav gegen den Erdboden sein. Sonach würden die Strahlen der untergehenden Sonne ein und dieselbe Bergspitze auf verschiedenen Wegen erreichen können, zuerst auf einer konvex gekrümmten, später auf einer konkaven Bahn, und hierdurch eine Reihe verschiedener Beleuchtungen hervorrufen. Ein Beobachter auf dem Gipfel eines Berges könnte sonach die Sonne untergehen, dann auf kurze Zeit wieder scheinen und

abermals verschwinden sehen. Dies behauptet Prof. Amsler in der That im Oktober 1891 auf Rigi-Scheidegg beobachtet zu haben. Dreimal stand er dabei hintereinander in den Strahlen der untergehenden Sonne, die nach ihrem ersten gewöhnlichen Verschwinden seinen Blicken in kurzer Zeit noch zweimal wieder erschien. Er bemerkt darüber wörtlich folgendes: »Nachdem die Sonne bei vollkommen klarem Horizonte untergegangen war, hatte ich mich kurze Zeit den Hochalpen zugewendet, blickte dann aber zufällig wieder nach Westen und war überrascht, die Sonnenscheibe wieder über dem Horizonte zu sehen, anfänglich sehr schwach leuchtend und von rotem Dunste begleitet, aber scharf begrenzt und rasch intensiver hell werdend. Bald war sie zum zweiten Male untergegangen. Nach einiger Zeit stieg sie scheinbar wieder in die Höhe, etwas über die Hälfte des scheinbaren Durchmessers, in sehr roter Färbung, um dann endlich zum dritten Male langsam definitiv unterzugehen.«

Diese Beobachtung bestätigt offenbar die Amsler'sche Theorie. Dr. Maurer weist indessen auf eine Reihe von Umständen und Thatsachen hin, welche der Amsler'schen Theorie entschieden widersprechen. Besonders die dritte Phase des Alpenglühens imponiert durch ihre besondere Ruhe und Gleichmässigkeit im Verlaufe ihrer Erscheinung und kann niemals ein so ausserordentlich wechselvolles, unstetes Element, wie es die terrestrische Horizontalrefraktion erwiesenermassen ist, zur Ursache haben.

Was den wirklichen Grund des dritten Erglühens der Alpen anbetrifft, so hat R. Wolf die einzig mögliche Ursache schon vor Jahrzehnten angedeutet, und v. Bezold sie des weiteren ausgeführt. Wolf sagt in seinen Beobachtungen über das Alpenglühen (Berner Mitteilungen 1892): Bei 94° Zenithdistanz der Sonne entsteht durch Reflex vom Abendhimmel eine neue Färbung der Alpen, welche sich bisweilen, wenn das Rot vom Westen bis zum Zenith aufsteigt, zu einem Weiterglühen, dem sogenannten »Nachglühen« steigert, und v. Bezold präzisiert dies, gestützt auf seine Dämmerungsbeobachtungen in den Alpen, dahin, dass dieses Phänomen, das früher bezeichnete sogenannte »Nachglühen«, immer gleichzeitig mit dem »Purpurlicht« am Abendhimmel erscheint und nur durch dasselbe hervorgebracht ist. Alpenglühen und Dämmerungserscheinungen sind demnach unzertrennlich verknüpft mit einander.

21. Klimatologie.

Höhengrenzen in den Ortleralpen. Dr. M. Fritzsch hat hierüber eine interessante Untersuchung angestellt[1]). Statt eine einzige Höhengrenze über ein weites Gebiet zu verfolgen, hat er von einer einzelnen, leidlich isolierten Gebirgsgruppe, dem Ortler-

[1]) Mitteilungen des deutschen und österreichischen Alpenvereins 1895. p. 14.

gebiete, alle, die Höhengrenzen zu bestimmen gesucht, die schon dem Auge des Wanderers deutlich erkennbar sind. Bei den Vegetationsgrenzen wurden demnach nicht die Höhengrenzen einzelner Pflanzenarten, sondern nur die der wichtigsten Formationen, wie Wald, Wiese, Weide u. s. w. bestimmt, zumal neben dem Schnee und Firne nur diese einen bestimmenden Einfluss auf den Haushalt des Gebirges ausüben. Zur Bestimmung der Weideregion in ihren Abstufungen hat er nach dem Vorgange Schindler's die Höhe der Senn- und Schäferhütten verwendet. »Indem ich,« sagt der Verf., »alle Höhengrenzen eines beschränkten Gebietes als ein Ganzes der Betrachtung unterwerfe, scheint es mir am leichtesten möglich zu sein, nicht nur den Verlauf der einzelnen Höhengrenzen, ihre scheinbaren Unregelmässigkeiten u. s. w., zu verstehen, sondern auch den Einfluss der einzelnen Höhengrenzen aufeinander zu erkennen. Hierdurch tritt also der dynamische Charakter aller Höhengrenzen deutlich hervor, denn alle Höhengrenzen, die meteorologischen so gut wie die biologischen, sind Gleichgewichtslinien, genau wie die politischen Grenzen; sie sind das zeitlich schwankende Ergebnis eines Kampfes um das Dasein, der gleich dem Kampfe der Völker wesentlich ein Kampf um Raum ist. Von oben her suchen die lebenfeindlichen Elemente vorzudringen, die ihren allgemeinen Ausdruck in dem Mangel an Wärme finden, von unten her das vegetative Leben, mit ihm die Tierwelt und im Gefolge beider der Mensch mit seinen Wohnstätten, die Kultur.«

Die Methode, die er zur Feststellung der thatsächlichen Verhältnisse angewendet hat, ist durchweg die der direkten Beobachtung im Gegensatze zu manchen anderen Arbeiten auf diesem Gebiete, welche, von klimatologischen Thatsachen ausgehend, auf deduktivem Wege verschiedene Höhengrenzen zu konstruieren suchen.

Von den thatsächlichen Ergebnissen der Beobachtungen werden nur einige allgemeine Zahlen mitgeteilt[1]), wie sie Tabelle I zeigt.

Diese Tabelle kann noch keine rein klimatischen Zahlen enthalten, es kommen in ihnen die örtlichen Verhältnisse der einzelnen Gebiete zum Ausdrucke, die teils durch Bodenart und Bodenform, teils durch Eingriffe des Menschen ihre Besonderheit erhalten haben. Reinere klimatische Zahlen lassen sich gewinnen, wenn man die einzelnen Höhenzahlen aus den natürlichen Gebieten, in denen sie gefunden wurden, herauslöst und sie nach dem Gesichtspunkte der Exposition zusammenstellt; nun wird der Durchschnitt aus allen nach O, W u. s. w. ausliegenden Höhen gezogen, denn der geringe Breitenunterschied zwischen den nach gleichen Himmelsgegenden gelegenen Örtlichkeiten am Nordabhange und denen am Südabhange kann nicht in Frage kommen. Hierdurch wird gleichzeitig der

[1]) Eine ausführliche Abhandlung über diesen Gegenstand findet sich in dem II. Bande der »Wissenschaftlichen Veröffentlichungen« des Vereines für Erdkunde zu Leipzig. (Verlag von Duncker & Humblot, Leipzig.)

Fehler paralysiert, der dadurch entstehen könnte, dass in der Gesamtheit die Messungen nach den verschiedenen Himmelsgegenden ungleich vertreten sind. Auf diese Weise ergeben sich die Zahlen, wie sie Tabelle II zeigt.

Tabelle I.

Höhengrenzen	Gebiet								
	Prad-Bormio	Val Furva	Ponte di Legno-Pejo	Rabbi	Ulten	Martell	Vintschgau	Sulden	Mittel
Klimatische Firngrenze	2893	2965	3046	3043	—	2968	2917	2908	2963
Orographische Firngrenze	2608	2651	2644	2417	2561	2656	2533	2647	2590
Baumgrenze	2249	2249	2254	2127	2207	2311	2263	2286	2243
Waldgrenze	2174	2150	2121	1983	2082	2189	2124	2223	2131
Schäferhütten und Galtvieh-Alpen	1940	2125	2240	1798	2102	2213	2007	2239	2083
Sennhütten	2257	2204	1818	1960	1893	1910	1845	2008	1996
Mähwiesen	1453	2164	1907	1444	1904	1674	1400	1813	1720
Getreidegrenze	1384	1639	1475	1500	1635	1459	1228	1691	1501
Dauernd bewohnte Siedelungen	1373	1590	1452	1421	1583	1429	1167	1743	1470

Tabelle II.

Höhengrenzen	NW	W	SW	S	SO	O	NO	N	Mittel
Klimatische Firngrenze	2898	2998	3070	3089	2982	2971	2856	2854	2964
Orographische Firngrenze	2535	2628	2743	2754	2725	2630	2567	2533	2629
Baumgrenze	2323	2262	2315	2240	2258	2238	2166	2219	2253
Waldgrenze	2134	2154	2159	2131	2120	2120	2023	2100	2118
Schäferhütten und Galtvieh-Alpen	—	2065	2342	2180	2258	2156	2227	2097	2189
Sennhütten	—	1994	2154	2033	1916	1917	1757	1841	1952
Mähwiesen	1611	1736	2108	1985	1781	1716	1728	1474	1767
Getreidegrenze	1207	1419	1642	1629	1561	1237	1225	1243	1390
Dauernd bewohnte Siedelungen	1186	1504	1664	1584	1499	1257	1177	1147	1377

Es kann natürlich keinem Zweifel unterliegen, dass auch diesen Zahlen noch orographische Momente anhaften, man wird aber um so sicherer in den Stand gesetzt werden, aus den verwickelten orographischen Verhältnissen die rein klimatischen herauszuschälen, je weiter man das Netz sorgfältiger Einzelbeobachtungen über unsere Alpen und andere Gebirge ausbreitet.

Im ganzen gehören die Ortleralpen zu jenen Gebieten, welche in den Alpen die höchste Lage aller klimatischen Gürtel aufweisen. Baumgrenzen von mehr als 2300 und eine Waldgrenze von durchwegs

über 2100 *m* finden sich in den Alpen nicht häufig, in den Ostalpen nur in den gegenüberliegenden südlichen Teilen der Ötzthaler Gruppe. Die italienischen Thäler unserer Gruppe und die linke Thalseite von Martell sind hierin besonders ausgezeichnet.

Klimaschwankungen und Sonnenflecke. F. Erk sprach sich hierüber auf der Wiener Naturforscherversammlung eingehend aus [1]). Periodische Veränderungen auf der Sonne interessieren uns insofern hauptsächlich, als sie die Wärme betreffen, welche der Erde zu teil wird. »Der generellste Effekt, den die Wärmestrahlung der Sonne auf unsere, von einer Atmosphäre umgebene Erde hervorbringt, ist das Zustandekommen der grossen atmosphärischen Zirkulation zwischen dem Äquator und den polaren Gebieten. Unmittelbar aus dieser Zirkulation geht die Entstehung der subtropischen Gürtel hohen Druckes hervor, welche in der Wirklichkeit durch die unregelmässige Verteilung von Wasser und Land in ihrer Begrenzung und Lage vielfache Änderungen gegen die einfache Gestalt der theoretischen Ableitung erfahren. Wenn nun in der Zustrahlung von der Sonne her eine Steigerung eintritt, so wird die Luftmasse über dem äquatorialen Gürtel in ihrer ganzen Mächtigkeit stärker durchwärmt werden, als unter normalen Verhältnissen. Die Niveauschichten gleichen Druckes werden höher gehoben, und daraus folgt unmittelbar, dass schon wegen der Trägheit der bewegten Massen, die nördlich und südlich des äquatorialen Kalmengürtels gelegenen Gebiete hohen Druckes weiter polwärts verschoben werden müssen. Da aber in Wirklichkeit an Stelle der theoretischen Gürtel hohen Druckes abgegliederte Maximalgebiete treten, so ist zu erwarten, dass auch diese Verhältnisse eine Änderung erfahren. Es werden also nicht bloss die geographischen Breiten, sondern auch die äusseren Umrisse dieser Maximalgebiete bei erhöhter Thätigkeit auf der Sonne eine wesentliche Abänderung erfahren. Die Änderung dieser Maximalgebiete wirkt dann ihrerseits wieder auf die Lage und Frequenz der Depressionsstrassen ein, so dass sicherlich bis in hohe Breiten hinauf aus unserer ersten Annahme eine durchgreifende Umgestaltung der Witterungsverhältnisse für eine längere Periode entsteht. Im entgegengesetzten Sinne müsste eine Abnahme der Wärmestrahlung der Sonne wirken.«

Solche Verlagerungen finden thatsächlich statt, aber ihr Zusammenhang mit Veränderungen auf der Sonne ist nicht erwiesen. Hierüber kann nur eine eingehende Untersuchung die Entscheidung geben. »Es bleibt,« sagt Erk, »nach meiner Ansicht kein anderer Weg übrig, als von Jahr zu Jahr die Art der Verteilung der klimatologischen Elemente auf der Erdoberfläche zur kartographischen Darstellung zu bringen. Es ist dies eine sehr grosse Arbeit, die

---

[1]) Verhandl. d. Ges. deutscher Naturforscher u. Ärzte in Wien 1894. 2. p. 36.

wohl nur mit vereinten Kräften gelingen wird. Eine Hauptschwierigkeit wird darin liegen, genügendes Material für die kritischen Perioden von 1790 bis 1800 und 1820 bis 1840 zu bekommen. Ich möchte für heute nur auf diesen Weg hinweisen. Jedenfalls haben wir zu erwarten, dass, wenn wir auch auf irgend eine Weise eine Periodizität der Sonnenstrahlung finden, die terrestrischen Klimaverhältnisse nicht unmittelbar darauf reagieren, sondern dass dies vorwiegend durch eine Art Übersetzung geschieht, welche in einer Verlagerung der Luftdruckverteilung besteht. In zweiter Linie mag dann eine allgemeine Änderung der mittleren Temperatur nachfolgen.«

Eine vorläufige Untersuchung nach dieser Richtung, welche Erk angestellt hat, lässt einen Zusammenhang zwischen der Fleckenhäufigkeit und den Schwankungen der Temperatur und des Regenfalles nicht deutlich erkennen.

Der Einfluss der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge ist von Prof. E. Brückner studiert worden[1]). Die Ernteerträge hängen in hohem Masse vom Klima des Landes ab, die polare Grenze des Baues verschiedener Getreidearten wird durch die Temperaturverhältnisse bedingt, aber ihre Wirkung auf die Ernteerträge ist nur in der Nähe jener Polargrenze von Bedeutung, weit entscheidender ist die Feuchtigkeit.

Diese Regel drängt sich auf, wenn man die Verbreitung des Ackerbaues auf der Erde überblickt, oder noch besser die Ursachen der Missernten studiert. In allen Gebieten, die spärlichen Regenfall haben, gehen Dürren und Missernten Hand in Hand: wo überreiche Regen den Boden netzen, werden dagegen die Missernten hauptsächlich durch regnerische Jahre heraufbeschworen. Freilich ist es nicht die absolute Menge des Wassers, die den Ausschlag giebt, sondern die Wassermenge in Beziehung gesetzt zur Verdunstung. Die gleiche Menge Feuchtigkeit, die in kaltem Klima unfehlbar die Ernte ersäuft, kann in heissem Klima vielleicht dem Wasserbedürfnisse des Getreides nur noch gerade genügen. Anderseits wird oft eine geringe Regenmenge, die für ein warmes Land der starken Verdunstung wegen Dürre bedeutet, in kühlem Klima vollkommen ausreichen. In Europa verhalten sich die feuchten Küsten des Nordatlantischen Ozeans und Mitteleuropa gerade umgekehrt wie das trockene Innere des Kontinents. Südrussland und Grossbritannien nebst Irland stellen in dieser Beziehung Extreme dar. Als Ursache der Missernte von 1891 in den zentralen und östlichen Gouvernements von Russland muss Dürre gelten. Die Dürre vom August bis zum Oktober 1890 schadete dem Wintergetreide; der nachfolgende Winter war trocken, es fiel wenig Schnee, so dass die Saaten zum Teile erfroren. Wegen seiner geringen Menge schmolz der Schnee früh weg, und der Boden wurde nicht, wie gewöhnlich, tief durchfeuchtet. Die Fröste im April 1891 fanden keine schützende Schneedecke mehr und schadeten der Saat. So ging das Wintergetreide zu Grunde. Das Sommergetreide aber fiel der Dürre und den heissen Winden im Mai, Juni und Juli zum zum Opfer: die Missernte war da. Solche Ereignisse sind in Russland nicht zu selten, wenn sie auch glücklicherweise selten so gewaltige Dimensionen annehmen wie 1891.

---

[1]) Hettner, Geogr. Zeitschrift 1895. 1. p. 39.

Gerade umgekehrt lagen die Verhältnisse bei den zahlreichen Missernten, die, gefolgt von Teuerungen, England Ende der dreissiger, im Verlaufe der vierziger und Anfang der fünfziger Jahre heimsuchten, desgleichen bei den schlechten Ernten von 1872, 1875, 1877 und 1879; sie fallen auf übermässig feuchte Jahre.

Mitteleuropa und speziell das Deutsche Reich steht in der Mitte zwischen diesen Extremen. Für eine Reihe von Zweigen der Landwirtschaft, besonders für den Wein- und Obstbau, aber auch für den Getreidebau, sind die trockenen Jahre meist die fetten, während für den Wiesenbau, also für die Viehzucht, gerade die trockenen Jahre die mageren sind. Es kommen zwar Jahre vor, in denen die Ernte durch Trockenheit geschädigt wird, allein viel häufiger sind Missernten infolge von zu viel Feuchtigkeit (Jahre um 1880).

Südeuropa und zum grossen Teile auch die Tropen, wenigstens soweit Getreide gebaut wird, schliessen sich in ihrem Verhalten Südrussland an. Die Hungerjahre in Vorderindien fallen mit trockenen Jahren zusammen.

Von Interesse wäre es, wenigstens für Europa, das Gebiet, in dem der Getreidebau hauptsächlich durch zu viel Regen geschädigt wird, abzugrenzen gegen das Gebiet, wo der Hauptschaden durch Dürre verursacht wird. Auf eine scharfe Grenze wird man dabei freilich verzichten müssen, weil eine Übergangszone besteht, wo Schädigungen durch zu viel Regen ebenso häufig sind wie Schädigungen durch Dürre. Auch wird die Grenze für jede Getreideart anders liegen. Im grossen und ganzen aber dürfte die Linie aus dem Inneren von Russland nach Südwesten gegen die Karpathen hin ziehen, dann ungefähr diesen und den Alpen entlang bis nach Südfrankreich hinein. Sie verläuft im Osten zwar noch im Waldgebiete, aber parallel der Grenze der Steppen; im Westen entspricht sie ungefähr der Grenze der subtropischen Region. Das Gebiet nördlich leidet mehr von zu viel Regen, das Gebiet südlich mehr von Dürre.

In den Ländern Europas mit vorwiegend ozeanischem Klima sind die Schädigungen des Getreidebaues durch allzu grosse Feuchtigkeit so erheblich, dass hier bei den hohen Arbeitslöhnen und den billigen Frachtsätzen der Gegenwart, welche die Einfuhr fremden Getreides erleichtern, der Getreidebau mit den allergrössten Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Die Landwirtschaft hat sich daher zum Teile vom Getreidebaue ab- und der Wiesenkultur und Viehzucht zugewandt. Das gilt von Grossbritannien und Irland, von Holland, von Dänemark, von Skandinavien und von den Provinzen Schleswig-Holstein und Westpreussen, ebenso auch von der Schweiz, überhaupt von den Ländern am Nordabhange der Alpen, die sehr reiche Bewässerung bei nicht zu grosser Wärme geniessen. Die Wiesenkultur braucht Wasser; es muss schon sehr viel regnen, damit es ihr zu viel wird, und feuchte Jahre, in denen das Getreide, dessen Heimat ja die Steppe ist, zu grunde geht, sind sehr oft für die Viehzucht gute Jahre und umgekehrt. Das zeigte sich im trockenen Sommer 1893: Die Wiesen waren, besonders im Flachlande und niedrigen Berglande, in der Schweiz und in Süddeutschland ausgedorrt, während die Getreidefelder gute Erträge lieferten. Die Gebiete Westpreussens mit ihrem kühlen Sommer sind in der That förmlich zur Viehzucht und Wiesenkultur prädestiniert.

Gehen wir von unserer Grenzlinie nach Südosten, so nimmt in dieser Richtung die Gefahr eines Misswachses durch Dürre immer mehr zu. Besonders die Gebiete östlich der unteren und mittleren Wolga leiden nur zu oft infolge von Dürre an Hungersnöten. Auch hier haben wir einen vorgeschobenen Posten des Getreidebaues, der sich jedoch zur Zeit noch halten kann, weil sowohl die Arbeitskraft als auch der Boden billig ist, und der Getreidebau daher selbst mehrfachen Misswachs überdauert, vor allem aber weil eine andere naturgemässere und gleichzeitig vorteilhaftere Bodenbenutzung erst gefunden werden muss, wie sie der Westen in der Kombination von Viehzucht und Wiesenkultur gefunden hat.

Die Verschiedenheit des Klimas von Ort zu Ort lässt hier diese, dort jene Witterung besonders häufig Missernten verursachen. Ja, ganze Verschiebungen der Produktion sieht man unter dem Einflusse des Klimas sich vollziehen, wenn sie auch erst durch vom Menschen geschaffene Einrichtungen — durch die modernen Verkehrsverhältnisse — möglich geworden sind: der Rückzug des Ackerbaues aus den exponierten ozeanischen Gebieten ist zu einem guten Teile die Folge der Ungunst des Klimas. Diese Ungunst bestand immer; aber früher war es vorteilhafter, ihr zu trotzen, heute ist es vorteilhafter, ihr nachzugeben.«

Dass neben der durch klimatische Verhältnisse bedingten örtlichen Verschiebung der Produktion ein Einfluss des Klimas und seiner Schwankungen auf die zeitliche Änderung der wirtschaftlichen Verhältnisse, besonders auf die Ernte und Getreidepreise besteht, zeigt nun Brückner in obiger Abhandlung als Vorläuferin einer späteren grösseren Publikation.

»Die Klimaschwankungen bestehen in Schwankungen der Temperatur, des Luftdruckes und des Regenfalles, die sich auf der ganzen Erde gleichzeitig vollziehen. Die Dauer dieser Schwankungen, d. h. die Zeit, die von einem Extrem bis zum nächsten gleichartigen verstreicht, beträgt im Mittel 35 Jahre, bald etwas mehr, bald etwas weniger. Dabei ist die Temperatur das Element, von dem die übrigen abhängen. Diese Schwankungen der Temperatur sind so gut wie allen Ländern der Erde gemeinsam. Sie alle erleben gleichzeitig Kälteperioden und gleichzeitig Wärmeperioden. Die Grösse dieser Temperaturschwankungen beträgt im Mittel nahezu 1° C. Das ist sehr viel. Besagt das doch nichts anderes, als dass z. B. in den fünf Jahren um 1840 herum die mittlere Jahrestemperatur von Berlin um einen vollen Grad tiefer war als in den fünf Jahren um 1825; das bedeutet so viel, als wenn Berlin um drei Breitengrade nach Norden gerückt wäre.

Die Temperaturschwankungen wirken auf die Luftdruckverteilung ein. In den Wärmeperioden erscheint der Übertritt feuchter ozeanischer Luft vom Meere aufs Festland erschwert, in den Kälteperioden dagegen erleichtert. Das muss nun seinerseits den Regenfall des Landes beeinflussen. Auf dem grössten Teile der Landmassen schwankt der Regenfall derart, dass die kühlen Perioden auch feucht und die warmen trocken sind. Bei uns ist der Regenfall in der feuchten Zeit um etwa 20 % grösser als in der trockenen, in Russland um etwa 25—30 % und in Westsibirien gar um mehr als 100 %.

In den letzten beiden Jahrhunderten erscheinen als Zentren von kalten und auf dem Lande feuchten Perioden die Jahre 1705, 1740, 1775, 1815, 1850 und 1880; als Zentren von warmen und auf dem Lande trockenen Perioden die Jahre 1720, 1760, 1790, 1830 und 1860.

Schon von vornherein muss man angesichts des grossen Betrages dieser Schwankungen des Klimas schliessen, dass sie sich auch in wirtschaftlichen Erscheinungen geltend machen werden. In der

That ist das der Fall; sie üben, und zwar hauptsächlich durch den Regenfall, einen deutlichen Einfluss auf die Erträge der Landwirtschaft aus. Nur nebenbei sei bemerkt, dass in Frankreich, in Deutschland und in der Schweiz die Weinerträge in den trockenen und warmen Perioden nach Quantität und Qualität besser sind als in den feuchten. Wichtiger ist, dass auch die Getreideerträge diesen Einfluss zeigen.«

Leider ist das Material, welches dem Verf. zu Gebote steht und überhaupt vorhanden ist, quantitativ und qualitativ nicht so, wie es zu wünschen wäre; Brückner greift deshalb neben den Erntetabellen auch auf die Erntepreise zurück, welche innerhalb gewisser Grenzen wenigstens für frühere Jahre Schlüsse auf den Ausfall der Ernte gestatten. Die Resultate seiner Zusammenstellungen giebt Brückner in Tabellen, deren Diskussion ihn zu folgenden Schlüssen führt: »Unverkennbar ist der Einfluss der Klimaschwankungen sowohl in den Ernteerträgen, als auch in den Getreidepreisen ausgesprochen, aber in verschiedenen Gegenden ganz verschieden. Es macht sich der gleiche Unterschied zwischen West- und Mitteleuropa einerseits und Osteuropa anderseits geltend, den wir oben bezüglich der Ursache der Missernten feststellten. In den trockenen Zeiten haben gute Erträge und daher tiefe Getreidepreise die Gebiete mit mehr ozeanischem Klima, deren Missernten hauptsächlich durch zu viel Regen veranlasst werden, wie England, Frankreich, Belgien, Dänemark, Deutschland und Österreich, die Länder mit kontinentalem Klima aber, repräsentiert durch Ohio und Russland, geringe Erträge und hohe Preise. In den feuchten Perioden dagegen sind die Erträge der ozeanischen Gebiete gering, die Preise hoch, während die kontinentalen Ackerbauländer gute Ernten und tiefe Preise verzeichnen.

Sehr scharf ist die Schwankung der Erträge in Preussen ausgesprochen. Wenn die Kurve des Regenfalles steigt, fällt die der Erträge, und zwar für alle Getreidearten. Um das Jahr 1880 herum ist der Regenfall sehr gross, und der Ertrag sehr klein, während in den sechziger und Anfang der siebziger Jahre der Regenfall gering, und dafür die Erträge gross waren: die Kurven der Erträge pro Hektar sind ein genaues Spiegelbild der Kurve des Regenfalles. Dabei sind die Schwankungen sehr bedeutend; wurden doch im feuchten Lustrum 1881—1885 an Weizen pro Hektar 225 *kg*, d. i. 16 %, an Roggen gar 325 *kg*, d. i. 26 %, weniger geerntet als im trockenen Lustrum 1861—1865! Selbst wenn man mehrere Lustren vereinigt, zeigt sich der Einfluss noch sehr deutlich. In der ganzen feuchten Periode 1876—1893 wurden 10 % weniger Weizen und 19 % weniger Roggen vom Hektar heimgebracht als in der trockenen Zeit 1859—1875.

Angesichts dieses deutlichen Einflusses der Klimaschwankungen auf die Erträge kann es nicht Wunder nehmen, dass auch die Getreidepreise in Mitleidenschaft gezogen werden. So parallel den

Schwankungen des Regenfalles wie die Schwankungen des Ertrages vollzieht sich freilich die Preisbewegung nicht. Es treten Perioden auf, wo auf einmal durch politische Verhältnisse, durch die Konkurrenz, durch Schwankungen der Valuta u. s. w. der Zusammenhang für ein Land gestört wird.

Durchgehends scharf ausgeprägt ist in den ozeanischen Gebieten der Einfluss der Trockenperiode 1821—1840. Überall stehen die Getreidepreise entsprechend niedrig, während sie vorher sehr hoch gewesen waren. Beim Eintritte der feuchten Periode der vierziger Jahre beginnt dann wieder ein Steigen der Preise; ein Maximum wird meist 1851—1855 erreicht, gleichzeitig oder gleich nach dem Maximum des Regenfalles. Das zeigt sich in allen Ländern Westeuropas, nur in England verhältnismässig weniger deutlich. In allen Ländern folgt nunmehr bis 1861—1865, entsprechend der Minderung des Regenfalles, ein geringes Sinken der Preise, das nur in Österreich fehlt. Es stellt sich hiernach abermals eine Preissteigerung bei zunehmendem Regenfalle ein, aber sie hält nicht lange vor, und der Preis erreicht schon 1871—1875, also fünf bis zehn Jahre vor dem Regenfalle, sein Maximum, um dann stark zu sinken. Dieses Sinken findet statt, obwohl im eigenen Lande die Ernten noch schlechter werden und erst in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre eine Besserung zeigen. Es ist also vom Ausfalle der eigenen Ernte unabhängig und führt sich auf die massenhafte Zufuhr amerikanischen und russischen Getreides zurück.

Um die Grösse der durch die Klimaschwankungen bedingten Preisschwankungen zu bestimmen, empfiehlt es sich, von den absoluten Werten abzusehen, nnd einfach die Maximallustren in Prozenten der Minimallustren auszudrücken. Das ist in der nachfolgenden kleinen Tabelle geschehen, und zwar für die Lustren, die bei der grossen Mehrzahl der Länder Träger der Maxima, bezw. Minima sind.

	Weizen England	Weizen Frankreich	Weizen Belgien	Roggen Dänemark
1816—1820 zu 1831—1835	117	113	115	—
1851—1855 zu 1831—1835	111	112	115	118
1851—1855 zu 1861—1865	112	111	112	112
Mittel	113	112	114	115

	Weizen Preussen	Weizen München	Weizen Zürich	Weizen Österreich
1816—1820 zu 1831—1835	115	118	115	115
1851—1855 zu 1831—1835	116	117	112	115
1851—1855 zu 1861—1865	111	—	112	—
Mittel	114	117	113	115

Durchschnittlich ist der Preis eines feuchtesten Lustrums um 13 % höher als der eines trockensten.

Genau umgekehrt wie in West- und Mitteleuropa ist das Verhältnis zwischen Klimaschwankungen einerseits und Ernten wie Getreidepreisen anderseits in den mehr kontinentalen Ländern. Sehr

scharf ist der Einfluss der Klimaschwankungen auf den Weizenertrag in Amerika. Auf das deutlichste entspricht hier dem Sinken des Regenfalles bis 1861—1865 eine Abnahme der Erträge, dem folgenden Steigen eine Zunahme. Im feuchten Lustrum 1876—1880 wurden volle 50 % mehr vom Acre geerntet als im trockenen 1861—1865. Nach 1880 tritt mit einer geringen Verminderung des Regenfalles wieder eine kleine Minderung des Ertrages ein. Entsprechend gestaltet sich im grossen ganzen auch die Preisbewegung in den Vereinigten Staaten. In den sechziger Jahren (1862—1870) bei geringem Regenfalle — 3 % unter dem Mittel — war der Preis für ein Bushel Weizen 143 Cents, in den 15 folgenden Jahren bei einem Regenfalle von 6 % über dem Mittel nur 100 Cents. Doch möchte Verf. hierauf weniger Gewicht legen als auf die Ertragzahlen, weil sich in Amerika die Produktion durch Einführung von Maschinen gleichzeitig enorm verbilligt hat.

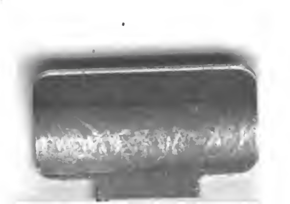
Analog ist die Sachlage in Russland. Leider aber lässt sich das nicht so streng beweisen, wie für die Vereinigten Staaten, da die offizielle russische Erntestatistik erst 1883 beginnt. Für frühere Jahre liegen nur vereinzelte ungenaue Schätzungen für einzelne Gegenden vor, aus denen man sich kein zuverlässiges Bild der Ernte im ganzen weiten Reiche machen kann. Fest steht jedoch die Thatsache, dass Russland in den siebziger und achtziger Jahren bis einschliesslich 1888 eine Reihe von besonders guten Ernten erlebt hat, die genau der letzten feuchten Periode entsprechen. Zwar sind schlechte Ernten nicht ausgeblieben, wie die Ernten 1879 und 1885, aber sie waren doch nur selten. Nach 1888 aber hat, wie die amtliche Erntestatistik zeigt, der Ernteertrag stark abgenommen.«

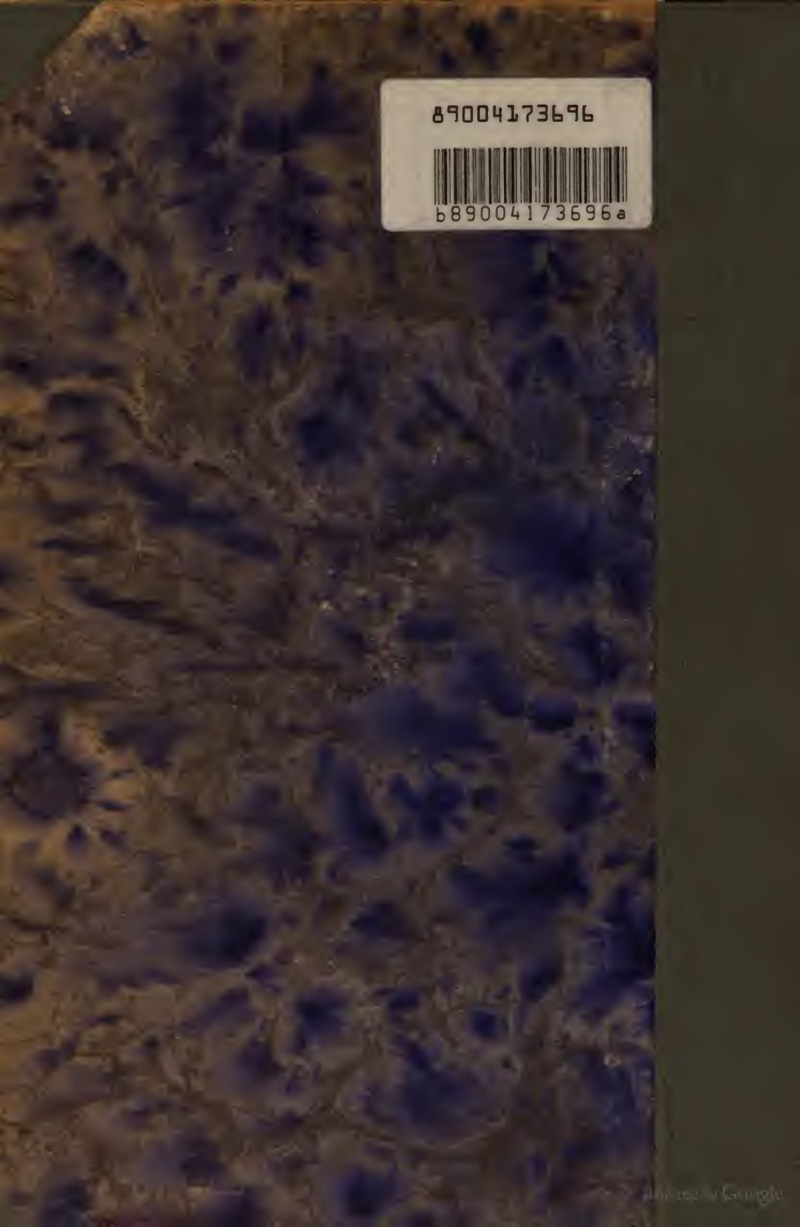
Für das vorige Jahrhundert sind, soweit Daten zur Beurteilung vorliegen, die Beziehungen zwischen Klimaschwankungen und Getreidepreisen die nämlichen wie im laufenden Säkulum. Besonders für England entsprechen die Kurve für Regenfall und die der Weizenpreise von 1701—1790 einander aufs genaueste.

Der von Prof. Brückner in seiner Untersuchung geführte Nachweis des erheblichen Einflusses der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge ist eines der wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse und hat daneben eine sehr grosse praktische Bedeutung, auf welche einzugehen jedoch hier nicht der Ort ist.



Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 36997




89004173696
b89004173696a